ABC da ELETRÔNICA
(REVISTA·CURSO)
Nº 12 Cr$3.200,00
METRALHADORA ELETRÔNICA
DETETOR DE MENTIRAS
•TEORIA:
- A 1ª PARTE DA "AULA" SOBRE AS MEDIÇÕES E OS MEDIDORES! VOCÊ APRENDE A "FAZER" MEDIDORES DE CORRENTE, TENSÃO E RESISTÊNCIA!
- APLICAÇÃO: CONSTRUINDO UM MULTÍMETRO PARA USO EM BANCADA!
•PRÁTICA:
- DUAS MONTAGENS "RADICAIS":
- METRALHADORA ELETRÔNICA
- DETETOR DE MENTIRAS
•E MAIS:
- TROCA DE CORRESPONDÊNCIA E IDÉIAS (DE VOCÊS PARA VOCÊS...).
•SEÇÕES:
- TRUQUES & DICAS: CONHEÇA TUDO SOBRE OS GALVANÔMETROS (E APRENDA A DESCOBRIR OS SEUS "SEGREDOS"...).
- ARQUIVO TÉCNICO: COMO ESCOLHER UM BOM MULTITESTE - PARÂMETROS, CARACTERÍSTICAS, FAIXAS, ESCALAS, SENSIBILIDADE E CUIDADOS COM O "BICHINHO"!
É FÁCIL FAZER AS MEDIÇÕES EM ELETRÔNICA!
PRONTO! AGORA VIROU UM CURSO DE ALFAIATARIA...
1º ANO DE ABC

EDITORA

EMARK ELETRÔNICA

Diretores
Carlos Walter Malagoli
Jairo P. Marques
Wilson Malagoli

Diretor Técnico
Bêda Marques

Colaboradores
José A.Sousa (Desenho Técnico)
João Pacheco (quadrinhos)

Publicidade
KAPROM PROPAGANDA LTDA
(011) 223-2037

Composição
KAPROM

Fotolitos de Capa
DELIN
Tel. 35.7515

Fotolito de Miolo
FOTOTRAÇO LTDA.

Impressão
Editora Parma Ltda.

Distribuição Nacional c/ Exclusividade
FERNANDO CHINAGLIA DISTR S/A
Rua Teodoro da Silva, 907
- R de Janeiro (021) 268-9112

ABC DA ELETRÔNICA

Kaprom Editora, Distr.e Propaganda Ltda - Emark Eletrônica Comercial Ltda) - Redação, Administração e Publicidade:
R.Gal.Osório, 157
CEP 01213 - Sao Paulo-SP.
Fone: (011)223-2037

EDITORIAL

Na presente (continuando na próxima...) "Aula" do ABC, entramos no importantíssimo assunto dos MEDIDORES e das MEDIÇÕES, ou seja: da possibilidade concreta de "vermos", "lermos" e quantificarmos **o quê** está acontecendo, eletricamente, com os componentes e circuitos, sob funcionamento ou mesmo em condições "estáticas"!

Assim como um médico usa um estetoscópio e - modernamente - uma autêntica "parafernália" de instrumentos super-sofisticados, na análise do "funcionamento" do seu paciente, também o Leitor/"Aluno" pode, munido de MEDIDORES (em diversos graus de sofisticação e "intenção"...), diagnosticar o funcionamento e o "estado" de componentes e circuitos! Para tanto, achamos necessárias duas coisas: um razoável conhecimento de como **devem** funcionar os componentes e circuitos (e esse é o objetivo **básico** da nossa Revista/"Curso"...) e também o conhecimento do funcionamento e características dos **próprios instrumentos medidores** (tema da presente "Aula", e da próxima...)!

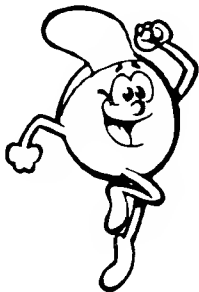
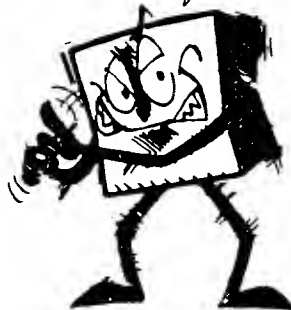
Os Instrumentos (nome genérico que damos aos diversos "MEDIDORES" utilizados em Eletrônica...) são a verdadeira "ferramenta" inteligente do Leitor/"Aluno", e sua importância é tão grande (ou maior...) quanto a do soldador, alicate, chave de fenda, para a parte puramente "construcional", de "mão de obra", dos circuitos e montagens! Por isso o cronograma do nosso "Curso" dedica não uma, mas **duas** "Aulas" completas sobre o assunto, que é abordado (sempre da maneira simples e direta que caracteriza o ABC...) em **todos** os detalhes práticos pertinentes, de modo que, ao fim do presente estágio, o Leitor/"Aluno" não só terá sólidos conhecimentos de **como funcionam** e **como devem ser usados** os MEDIDORES, mas também saberá "improvisar", construir seus **próprios** medidores "dedicados" e especializados para a avaliação das grandezas inerentes às "coisas" da Eletrônica!

A validade do presente estágio (e - principalmente - da sua "posição" dentro do nosso cronograma...) vai revelar-se intensamente nas sequentes "Aulas", pois logo, logo estaremos entrando em fases mais avançadas do nosso "Curso", com a abordagem de circuitos complexos, Integrados e suas aplicações! Daqui pra frente, acabou o "Jardim de Infância", e vamos - literalmente - partir para o "pau"! Então, quem "treinou", "treinou"... Quem ficou na "moleza", encontrará inevitáveis dificuldades no acompanhamento das "brigas" que estão por vir...

Neste especial momento, aconselhamos aos Leitores/"Alunos" mais "desligados" que releiam **todas** as anteriores "Aulas" e "Lições", buscando assimilar **de verdade** todos os conceitos já abordados, de modo a não ficarem para trás... É certo que (como dita a própria filosofia de ABC...) de tempos em tempos retornaremos a assuntos já vistos, acrescentando detalhes e "reativando" a memória da Turma, sempre que isso se mostrar necessário... Porém o "grosso" dos Temas, daqui pra frente, exigirá um pré-embasamento **consistente**... Não é caso para preocupação, já que todo o "alicerce" do nosso "Curso" encontra-se nas Revistas/"Aula" de nº 1 a 11... Quem já tem, mas "passou batido" em alguma coisa, deve **re-estudar**. Quem está "chegando agora", deve providenciar a aquisição de **todas** as "Aulas" anteriores, estudando-as **antes** de tentar "entrar no ritmo"...

Lembrem-se sempre, contudo, que "pintando" qualquer dificuldade, basta escrever para a Seção de CARTAS, expondo a dúvida sem acanhamento... Apesar da inevitável restrição de espaço, naquela Seção procuramos "limpar a área", esclarecendo os pontos que tenham ficado "nebulosos" para qualquer dos "Alunos"!

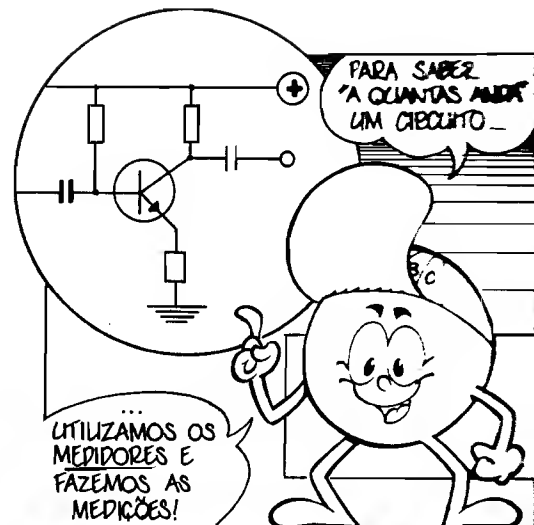
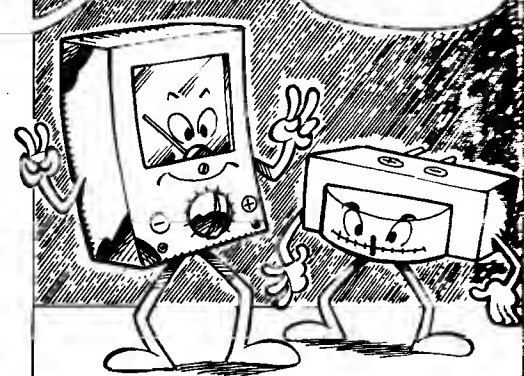
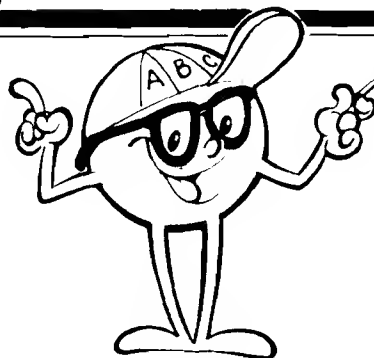
O EDITOR

EU ESTAREI NA PRÓXIMA AULA

E EU TAMBÉM

ÍNDICE - ABC -

TEORIA 10

V=RI

I = V/R

R = V/I

(1ª PARTE)

TEORIA

As Medições e os Medidores

(TENSÃO - CORRENTE - RESISTÊNCIA)

RE-ESTUDANDO O GALVANÔMETRO ("AULA" nº 4), SUAS CARACTERÍSTICAS E PRINCÍPIOS - FAZENDO UM "CORRENTÍMETRO" MEDIR TAMBÉM TENSÕES E RESISTÊNCIAS - COMO AMPLIAR E MULTIPLICAR AS FAIXAS DE MEDIÇÃO DE UM GALVANÔMETRO - AS ESCALAS - AS FAIXAS - MEDINDO C.A. COM UM INSTRUMENTO DE C.C. - APLICAÇÃO: CONSTRUINDO SEU PRIMEIRO MULTÍMETRO!

Aprendemos, logo na (fundamental...) 1ª "Aula" do ABC, a importância e a interdependência das três principais grandezas elétricas, a CORRENTE, a TENSÃO e a RESISTÊNCIA... Todo e qualquer componente, circuito, bloco ou arranjo eletro-eletrônico, uma vez energizado, tem seu funcionamento ou "comportamento" intrinsecamente submetido a tais valores! Os diversos cálculos e fórmulas que já vimos, no nosso "Curso", ajudam-nos a determinar, matematicamente, "a quantas anda" (ou "a quantas **deveria** andar"...) o circuito ou componente, bem como nos permite adequar os regimes de trabalho às características, parâmetros e limites dos componentes envolvidos, de modo que possamos "tirar deles" o MÁXIMO, sem porém "sobrecarregá-los" (o que os inutilizaria...).

Enquanto TEORIA, contudo, as "coisas" são simples e diretas... Mas, na PRÁTICA são "outros quinhentos"... A única maneira absolutamente confiável de **sabermos** as CORRENTES, TENSÕES e RESISTÊNCIAS, que dinamicamente (em funcionamento...) se manifestam nos componentes e circuitos é MEDIRMOS tais grandezas (cálculos são bons e confiáveis "no papel", mas "na Prática, a Teoria é outra", como dizem...).

Um exemplo direto e irrefutável: projetamos um pequeno e simples circuito, com aplicação definida, tudo calculadinho e conferido (na "matemática"...); montamos o dito circuitinho com todo cuidado e atenção, ligamos a alimentação e... o "lazarento" NÃO FUNCIONA! Re-conferimos a "matemática", a montagem, as ligações e polaridades, e tudo está "certo"... Mas NÃO FUNCIONA! O que fazer? Jogar tudo no lixo...? Arrancar os cabelos...? Culpar o Governo...? Mudar de Religião...? Obviamente que nenhuma dessas reações "radicais" leva à solução. Temos, sim, que conferir, com o uso de MEDIDORES específicos, as condições dinâmicas de cada componente, bloco ou arranjo do dito circuito, verificando e quantificando "ao vivo" os parâmetros inicialmente determinados de forma apenas "matemática"! Encontraremos, então - inevitavelmente - um componente defeituoso (embora novo), um fio rompido "dentro do isolamento", uma bateria descarregada, um transístor defeituoso, um resistor ou capacitor com valor **real** diferente daquele indicado na peça, essas coisas! Graças aos MEDIDORES podemos confirmar a ocorrência de fenômenos elétricos, além de determinar suas intensidades! Comparando cuidadosamente "o que é" com o que "devia ser", facilmente identificamos o problema, sanando-o com a substituição de uma peça defeituosa, ou com a correção de uma ligação imperfeita e... PRONTO! O "mardito" circuitinho FUNCIONA, agora!

Todo esse prólogo tem a única intenção de enfatizar a IMPORTÂNCIA dos MEDIDORES e MEDIÇÕES na Eletrônica prática tanto que **duas** "Aulas" inteiras - a presente e a próxima - serão dedicadas ao assunto...).

●●●●●

- **FIG. 1** - Na 4ª "Aula" do nosso "Curso", vimos os importantes EFEITOS MAGNÉTICOS DA

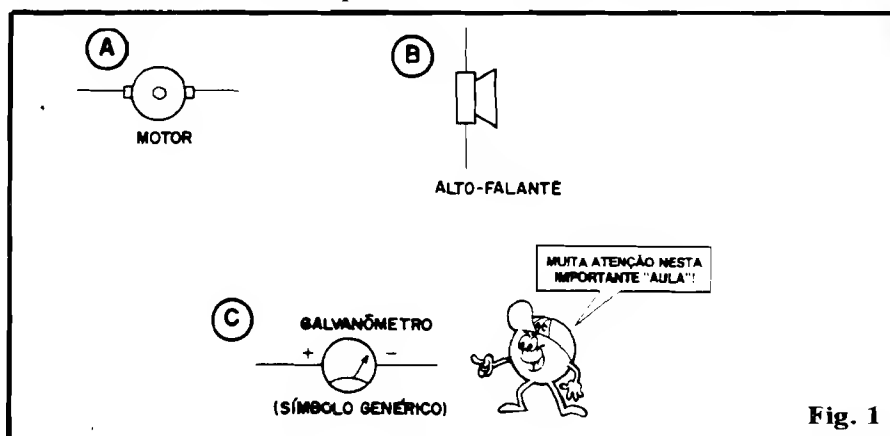



Fig. 1

CORRENTE, onde aprendemos que todo e qualquer condutor, ao ser percorrido por Corrente, é envolvido por um Campo Magnético, gerado pela tal Corrente... Se enrolarmos o tal condutor, formando o que chamamos de BOBINA, podemos ainda concentrar, intensificar esse campo magnético, obtendo um ELETROIMÃ, com seus polos magnéticos Norte e Sul, e cujas forças de atração e repulsão se manifestam "iguaizinhas" as de um imã permanente (minério já encontrado magnetizado, na Natureza, ou liga de ferro que foi "tornada" permanentemente magnética). Ainda naquela importante "Lição", vimos que se "mergulharmos" o nosso ELETRO-IMÃ num campo magnético firme, gerado por um imã permanente, ocorrerá uma interação entre as forças envolvidas, determinando a manifestação de forças mecânicas (indução de movimento...) sobre ambos os componentes (o imã permanente e o indutor/bobina momentaneamente percorrido por Corrente...). Tais fenômenos eletro-dinâmicos podem então, direta e proporcionalmente, transformar **eletricidade** em **movimento**, desde que o conjunto seja mecanicamente arranjado de modo a bem "aproveitar" as manifestações e vetores... No dia-a-dia da Eletro-Eletrônica, são vários os dispositivos e componentes que se valem de tais fenômenos, para o seu funcionamento! Entre eles temos (fig. 1-A) o MOTOR de C.C. (aplicamos energia elétrica aos seus terminais, e ele a "transforma" no movimento rotativo do seu eixo), o ALTO-FALANTE (fig. 1-B), ao qual aplicamos uma Corrente pulsada ou "modulada", que ele "transforma" em movimento, imprimido às moléculas que formam o ar, e cujas proporcionais compressões e descompressões se manifestam - aos nossos sentidos - como SOM e, (fig. 1-C) o GALVANÔMETRO, na verdade um "parente" **muito** próximo do MOTOR e do ALTO-FALANTE (já que também manifesta uma "transformação" da Corrente em Movimento...). Também o galvanômetro contém, intrinsecamente, uma bobina ou enrolamento, que deve ser percorrido por Corrente... A diferença é que nele, o que "se mexe" (com a passagem da Corrente) não é um eixo (como no motor) ou um cone de papelão (como no alto-falante) mas sim um ponteiro fino e longo, cujo deslocamento angular é diretamente proporcional à intensidade da Corrente que percorre o condutor! NOTA: na fig. 1, todos os componentes indicados são mostrados através dos seus SÍMBOLOS, inclusive o próprio galvanômetro, cuja representação já deve ser memorizada pelos Leitores/"Alunos" (já que é dessa forma representado o componente, nos diagramas e "esquemas" de circuitos...).

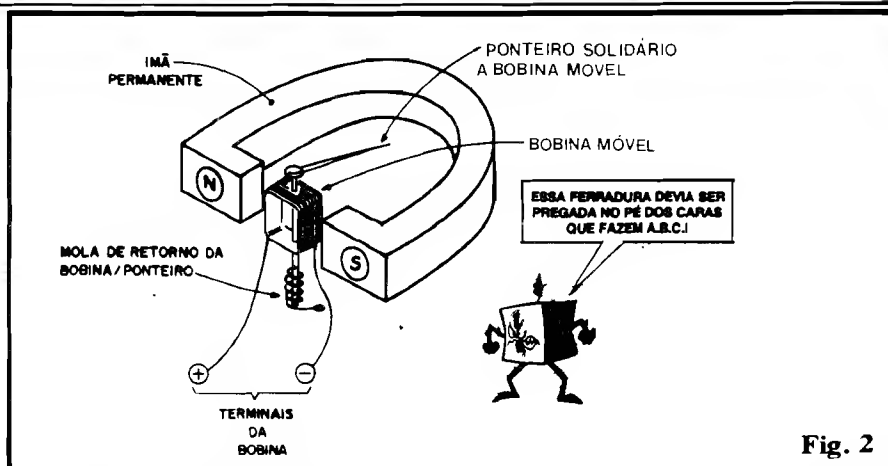



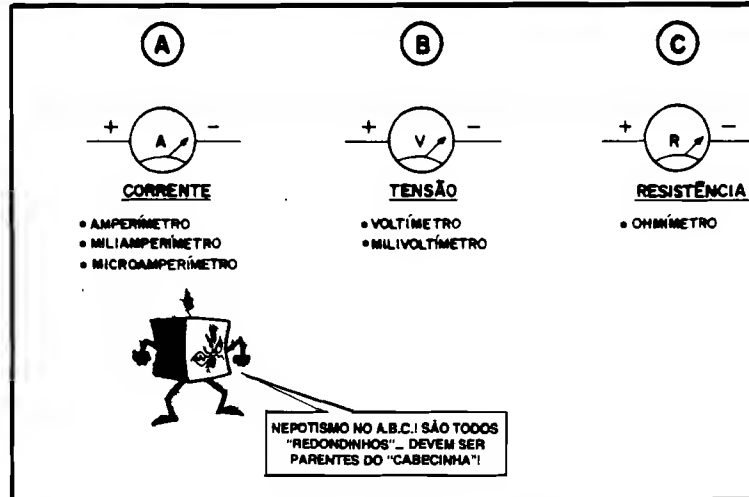
Fig. 2

- **FIG. 2** - Esboço da construção "física" de um galvanômetro. Tudo se resume numa pequena e leve **bobina móvel** (esse tipo de galvanômetro é justamente chamado de "bobina móvel"...), feita com fio muito fininho, pivotando em torno de um eixo ao qual está acoplado um ponteiro. Um sistema ao mesmo tempo simples e delicado de "mola de retorno", mecanicamente acoplado ao eixo, faz com que, em repouso, o ponteiro estacione em determinado ponto (geralmente um pequeno pino de "encontro", não visto na figura...). O Conjunto bobina/eixo/ponteiro/mola é mecanicamente posicionado de modo que o minúsculo enrolamento fica "dentro" de intensas linhas de força magnética emitidas pelos dois polos (Norte e Sul) de um forte imã permanente... Enquanto não há passagem de Corrente pela bobininha, tudo permanece imóvel, em "repouso", normalmente com o ponteiro estacionado à esquerda, pela ação do sistema de mola... Já quando aplicamos (via terminais da dita cuja...) Corrente à bobina, a interação dos campos magnéticos (o eletricamente gerado, na bobina, e o estável, do imã permanente) faz com que a bobina gire, "levando com ela o ponteiro, que assim se desloca em arco, "vencendo" a ação da mola! Se a Corrente for aplicada na correta polaridade (e esse é um importante aspecto prático, que detalharemos ao longo da presente "Lição"), o ponteiro se moverá para a direita, estacionando num ponto angular **proporcionar à intensidade** da dita Corrente! Temos então, uma direta "tradução" da **quantidade** de Corrente, no **número de graus** que o ponteiro "anda", na sua trajetória em arco (um "arco", para quem não sabe, é uma "fatia" de um círculo...). Sendo a manifestação LINEAR e PROPORCIONAL, nada mais simples do que adaptar, sob o dito ponteiro, uma escala angular graduada, para que possamos diretamente LER a intensidade da Corrente (só é necessária uma perfeita calibração do sistema e da tal escala...). É bom notar que **enquanto** persistir a passagem da Corrente, e a sua intensidade, o ponteiro ficará - agora - imóvel em sua "nova" posição! Cessando a Corrente, imediatamente o ponteiro retornará (pela ação da mola) à sua posição inicial de repouso... Com uma construção ge-

ral extremamente leve, reduzindo-se ao mínimo absoluto até o próprio atrito do pequeno eixo com seus mancais, e usando-se bobininhas especialmente calculadas, podem ser construídos industrialmente (e o são, efetivamente...) galvanômetros capazes de promover o pleno deslocamento do ponteiro, ao longo de toda a sua escala, mesmo sob Correntes tão baixas quanto algumas dezenas de milionésimos de Ampére!

- **FIG. 3** - A SENSIBILIDADE, ou seja: a capacidade de promover um efetivo deslocamento angular do ponteiro, sob determinada Corrente transitando pela bobina, é também chamada de ALCANCE do galvanômetro. A fig. 3 mostra, à esquerda, uma escala graduada típica de galvanômetro comercial (no caso, um instrumento com ALCANCE de 1 mA...), com suas "divisões" (que permitem uma precisa leitura de valores intermediários - entre o "zero" e o "fim" da escala...) e com a indefectível indicação do ALCANCE, sempre nitidamente inscrito na própria escala, junto ao arco com as divisões... Notem ainda (direita da figura) que os símbolos mais específicos de galvanômetros **trazem**, sempre, também essa indicação de ALCANCE ou sensibilidade (nessa forma aparecem, nos "esquemas"...).

●●●●●

Lá no começo da presente "Lição" teórica, falamos na importância das medições de CORRENTE, TENSÃO e RESISTÊNCIA... Entretanto, até agora, o tal de "galvanômetro" mostrado apenas mostrou-se capaz de medir ou indicar proporcionalmente a... CORRENTE! E a TENSÃO...? E a RESISTÊNCIA...?

Calma, Turma! Na sua forma puramente eletro-magnética/mecânica, o galvanômetro (medidor de CORRENTE) é o **único** medidor possível de ser construído... Acontece que (quem não lembrar deve reler com atenção a 1ª "Aula"...) as grandezas elétricas são rígida e proporcionalmente interdependentes! A "velha" Lei de Ohm diz: dada uma certa RESISTÊNCIA, a CORRENTE que a percorrerá será diretamente proporcional à TENSÃO e dada uma certa TENSÃO, ela "forçará" CORRENTE numa razão inversamente proporcional à RESISTÊNCIA (e todas as variações matemáticas dessa inter-relação).

Tais relações (que constituem a "base matemática" de toda a Eletro-Eletrônica...) permitem que - a partir de simples adaptações e inteligentes arranjos - um galvanômetro (que é um - digamos - "correntímetro"...) se transforme num medidor de Tensão (Voltímetro) ou de Resistência (Ohmímetro)! E isso em vários alcances ou sensibilidades! Vejamos:

Fig. 4

- **FIG. 4** - Depois de devidamente "transformados", para permitirem a medição das "outras" grandezas elétricas, os símbolos adotados pelos galvanômetros (agora "especializados"...) podem receber indicações claras quanto às suas funções: em 4-A temos o símbolo para um "correntímetro", ou seja, um medidor capaz de nos indicar a quantidade de Ampéres, Miliampéres ou Microampéres. Em 4-B temos o símbolo genérico para um voltímetro, ou seja, um galvanômetro adaptado para "ler" Volts ou Milivolts. Finalmente, em 4-C vemos a simbologia genérica para um galvanômetro adaptado para ohmímetro, ou seja: para medir Resistência!

●●●●●

Antes de aprendermos a "transformar" um mero "correntímetro" em voltímetro ou ohmímetro, é fundamental verificarmos que PRECISAMOS conhecer alguns parâmetros ou características do instrumento, sem cujos dados não é possível efetuar-se os cálculos necessários a tais "transformações"...

- **ALCANCE** - Máxima Corrente que o instrumento pode medir ou indicar, correspondendo à máxima

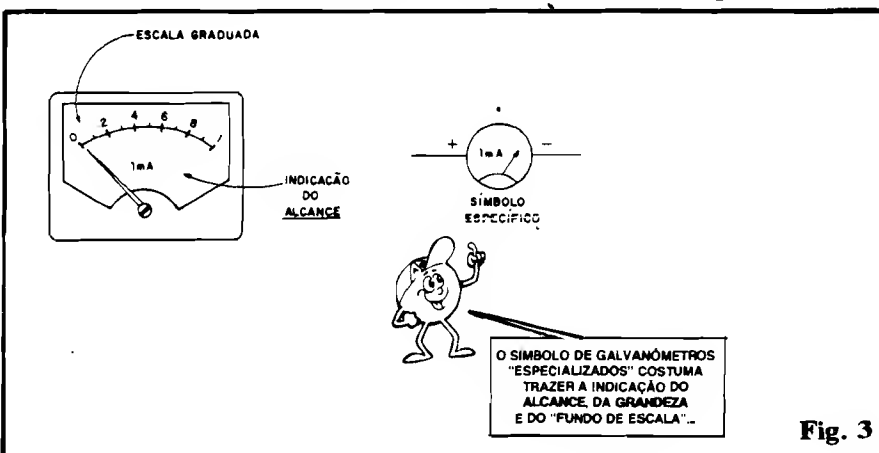



Fig. 3

deflexão angular do ponteiro. Sob nenhuma hipótese podemos ultrapassar ou "estourar" esses máximos, sob pena de dano elétrico ("queima") ou mecânico (quebra) ao galvanômetro. Normalmente (ver fig. 3 - esquerda), o ALCANCE está indicado na própria escala do instrumento.

- **SENSIBILIDADE** - Depende, diretamente, do ALCANCE... Quanto **menor** o ALCANCE, **maior** a SENSIBILIDADE. Por exemplo: um instrumento com alcance de 100uA tem maior sensibilidade do que um para 1mA, e assim por diante... Definimos a sensibilidade pela relação "OHMS POR VOLT". Vejamos como, e por quê: ainda nos exemplos citados, dizemos que o instrumento com alcance de 100uA tem uma sensibilidade de 10K/V (porque 1 volt, dividido por 10K ohms, determina a corrente máxima de 100uA - é só calcular e conferir...). Já o instrumento com alcance de 1 mA mostra uma sensibilidade de 1K/V (já que 1V, dividido por 1K, resulta em 1 mA, não é...?). Lembrar então que: menor o ALCANCE, maior a SENSIBILIDADE e "quanto mais" OHMS POR VOLT., maior também a SENSIBILIDADE do instrumento... Embora a SENSIBILIDADE não venha, normalmente, indicada na escala dos galvanômetros comerciais (apenas os MULTÍMETROS - que estudaremos mais à frente - costumam trazer tal indicação...), é fácil e simples depreendê-la do próprio ALCANCE - este **sempre** indicado na escala...

- **RESISTÊNCIA DA BOBINA** - É um parâmetro que **tem** importância (não tão fundamental quanto o ALCANCE e a SENSIBILIDADE, salvo em aplicações de alta precisão...) para a exatidão matemáticas dos cálculos de "transformação" do galvanômetro em medidor de "outras" grandezas (Tensão e Resistência) e também na "ampliação" do seu natural ALCANCE, em medições de Corrente. Infelizmente são poucos os fabricantes que inserem esse dado na escala do instrumento... Na maioria dos casos temos que "encontrar" esse dado, através de cuidados medição **indireta** (**não tentem** medir a Resistência Interna de um galvanômetro - principalmente dos mais sensível - diretamente com um MULTÍMETRO, pois as chances de dano ao instrumento serão **grandes**...). Na Seção "TRUQUES & DICAS" da presente "Aula" são ensinados alguns procedimentos a respeito... Para quem ainda não percebeu, a Resistência Interna ou Resistência da Bobina de um galvanômetro é um simples valor ôhmico, intrínseco ao próprio fiozinho com o qual a tal bobina é feita... Na maioria dos galvanômetros comerciais tal valor é (relativamente) baixo, ficando entre uma centena de ohms e aproximadamente 1K...

●●●●●

- **FIG. 5** - Vejamos, agora, como é fácil "transformar" um galvanômetro (correntímetro) num medidor de Tensão (voltímetro)... Recordando uma das fórmulas básicas, derivada da Lei de Ohm (o onipresente "fundamento matemático" da Eletro-Eletrônica...), temos que a Resistência (R) é determinada pela relação entre a Tensão (V) e a Corrente (I). Assim, uma Tensão fixa determina uma Corrente inversamente proporcional à Resistência que tem

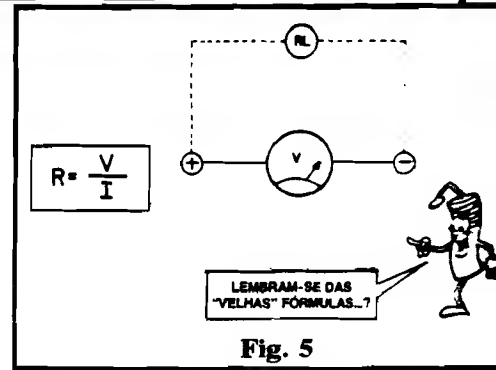



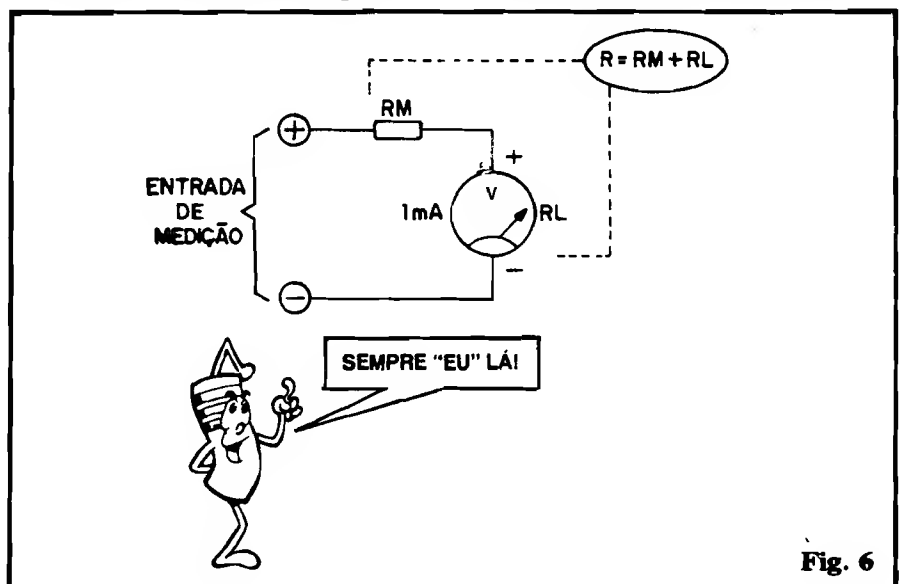
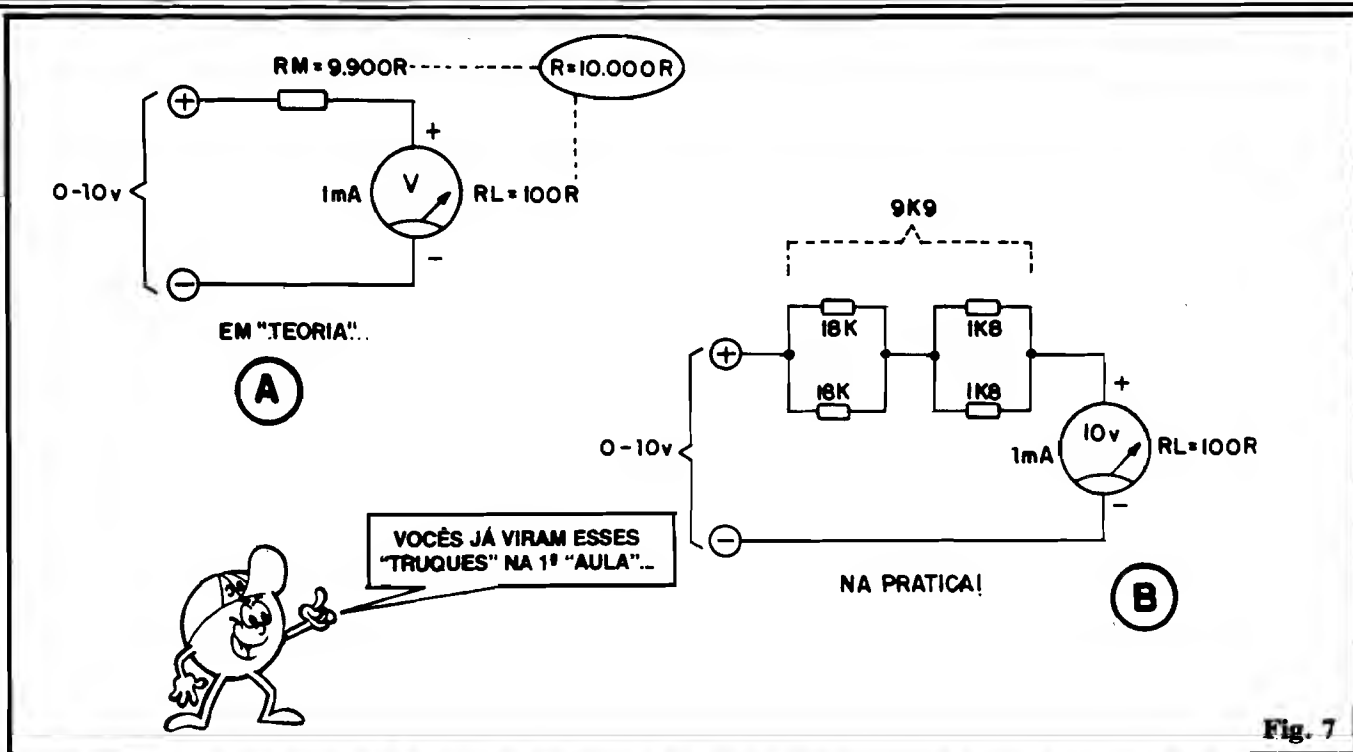
Fig. 5

que "enfrentar"... Por outro lado, sobre uma Resistência fixa, será desenvolvida uma Corrente diretamente proporcional à Tensão aplicada. Não fica difícil de intuir que, aplicando-se **em série** a um galvanômetro, um resistor fixo de valor especialmente calculado, podemos fazer com que **qualquer** valor de Tensão seja "capaz" de levar o instrumento à sua máxima indicação! Nesse caso, o galvanômetro imediatamente "transforma-se" num voltímetro (ou milivoltímetro...) também proporcional e preciso, ao longo de toda a sua escala! Damos a esse resistor fixo em série, o nome de RESISTOR MULTIPLICADOR (RM) e o seu valor é calculado pela **mesma** "velha" fórmula:

$$R = \frac{V}{I}$$

Onde "R" é o valor **total** de Resistência, ou seja: a **soma** da Resistência da bobina do galvanômetro (RL) com o valor do tal Resis-

Fig. 6

Fig. 7

tor Multiplicador (RM), "V" é a Tensão que deverá ser indicada pelo galvanômetro na sua máxima deflexão de ponteiro, e "I" é a Corrente máxima (alcance) do instrumento!

- FIG. 6 - O esqueminha mostra o diagrama básico de um voltímetro, "feito" a partir de um galvanômetro comum (no caso, um instrumento com alcance de 1 mA...), bem como a "composição" de "R", formada por "RM" mais "RL"... Na próxima figura, teremos o desenvolvimento de um exemplo prático.

- FIG. 7 - Partimos do seguinte: temos um galvanômetro com alcance de 1 mA e queremos "fazer" um voltímetro com "fundo de escala" (indicação máxima) de 10V. Sabemos, ainda, que a Resistência Interna do galvanômetro é de 100R... Vamos aos cálculos:

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R = \frac{10}{0{,}001}$$

$$R = 10.000$$

Como já sabemos que "RL" vale 100R, temos que subtrair tal valor do número encontrado, para determinar com precisão "RM":

$$RM = 10.000 - 100$$

$$RM = 9.900 \text{ ohms}$$

Observem, então, em 7-A, como fica a "coisa", em teoria: basta "seriar" um resistor de 9K9 com o galvanômetro, para obtermos imediatamente um voltímetro com fundo de escala em 10V (aquele instrumento que "lia" Corrente, até 1 mA, agora "lê" Tensão, até 10V...!). Tudo bem...? Tudo bem **nada**! Onde vamos arranjar um resistor de 9K9...? Nas séries comerciais de resistores, esse valor simplesmente **não existe** (os mais próximos são 9K1 e 10K...). Danou-se...? NÃO! Basta relembrarmos os "truques" que podemos fazer com os valores dos resistores, quando associamos mais de um componente em série, em paralelo ou em série/paralelo (rever "Aula" nº 1). Observem, em 7-B, o que a "prática" pode fazer, em auxílio à "teoria": paralelamos dois resistores comerciais de 18K (obtemos 9K) e também paralelamos dois resistores "encontráveis" de 1K8 (obtendo 900R), colocamos esses dois arranjos em série e conseguimos , óh, maravilha, justamente os 9.900 ohms (9K9) que precisávamos! Ai está o nosso voltímetro (0-10V), preciso e confiável...

●●●●●

FALANDO EM "PRECISÃO"...

Dissemos "preciso"...? Bem, essa qualificação dependerá de duas coisas: a inerente precisão do próprio galvanômetro básico (que costuma ser muito boa, já que dificilmente tais instrumentos são industrialmente feitos para leituras com erros maiores do que 1 ou 2%...) e a exatidão do valor de RM. Confiando que RL tem um valor também estabelecido com precisão, temos que adotar, para a "confecção" de RM (ver fig. 7-B) resistores de tolerância tão estreita quanto possível... Se pudermos obter componentes de 1% (quarta faixa na cor **marrom**...), ótimo! Mesmo, entretanto, que usemos componentes com tolerância de 5% (quarta faixa **dourada**...), ainda teremos uma excelente precisão, para fins práticos! Vejamos: com uma "margem de erro" de 5%, uma Tensão real, de **exato 5V** poderia ser indicada, pelo instrumento, com valores entre 4,75V e 5,25V, margens perfeitamente aceitáveis, na maioria das análises ou medições... Lembrando, entretanto, que a tolerância

industrial de 5% é a **máxima** margem de erro, e que na verdade resistores com **quarta faixa dourada** mostram regularmente uma precisão média melhor do que 2%, o eventual erro será praticamente "ilegível" (em termos de deslocamento angular do ponteiro do instrumento...).

Outro assunto prático, a respeito de **precisão**: notem que o valor de RL (Resistência da Bobina do galvanômetro), frente ao valor total de R) (que resulta de RM + RL...) é - na prática - irrisório (1%, matematicamente...). Considerando-se tal aspecto, mesmo que usemos, como RM, um componente comercial no valor de 10K (no lugar do arranjo série/paralelo mostrado em 7-B), a margem de erro final, nas leituras, ainda ficará bastante baixa e aceitável!

Como **sempre** dizemos aqui em ABC: cuidado com "paranóias" ou meticulosidades descabidas! Devemos, na imensa maioria das situações, optar por condições **práticas**, principalmente considerando que - modernamente - **todos** os componentes "aceitam" muito bem uma substancial margem nos seus limites e parâmetros, sem que com isso mostrem funcionamento deficiente! Assim Vocês **podem**, perfeitamente, "fazer" um bom voltímetro (0-10V) a partir de um galvanômetro de 1 mA em série com um único resistor de 10K...!

●●●●●

- **FIG. 8** - Já que verificamos - e provamos - a facilidade de se obter um voltímetro (com qualquer "fundo de escala") a partir de um simples galvanômetro (os cálculos e implementações são simples...) porque não "inventamos" um multi-voltímetro que, a partir de um único miliamperímetro (é, de longe, o componente mais caro do arranjo...) nos possibilite várias faixas ou escalas da medição...? É "baba"...! Basta anexarmos opcionalmente, em série com o dito galvanômetro, resistores de diversos valores (cada um deles calculado pela fórmula já vista, para um determinado valor de Tensão em "fundo de escala") e aplicarmos um método simples e seguro de chaveamento ou escolha! Olhem, na fig. 8-A, como é fácil implementar um voltímetro multifaixas (1V-10V-100V-1KV) com o **mesmo** miliamperímetro (0-1 mA) usado no exemplo anterior! Notem que, no caso, desprezamos o valor da Resistência Interna (RL) do galvanômetro, sabidamente baixo... Confiram os cálculos (se não confiam na gente...) e vejam que o arranjo, com o único auxílio extra de uma chave de **1 polo x 4 posições** (chave de ondas, rotativa...) é perfeitamente funcional. Em 8-D temos um outro arranjo, de idênticas funções e faixas, porém elaborado a partir de resistores com outros valores. Confiram, para cada posição da chave de escolha, se o valor ôhmico total, interposto **em série** com o galvanômetro, não fica "matematicamente" correto...

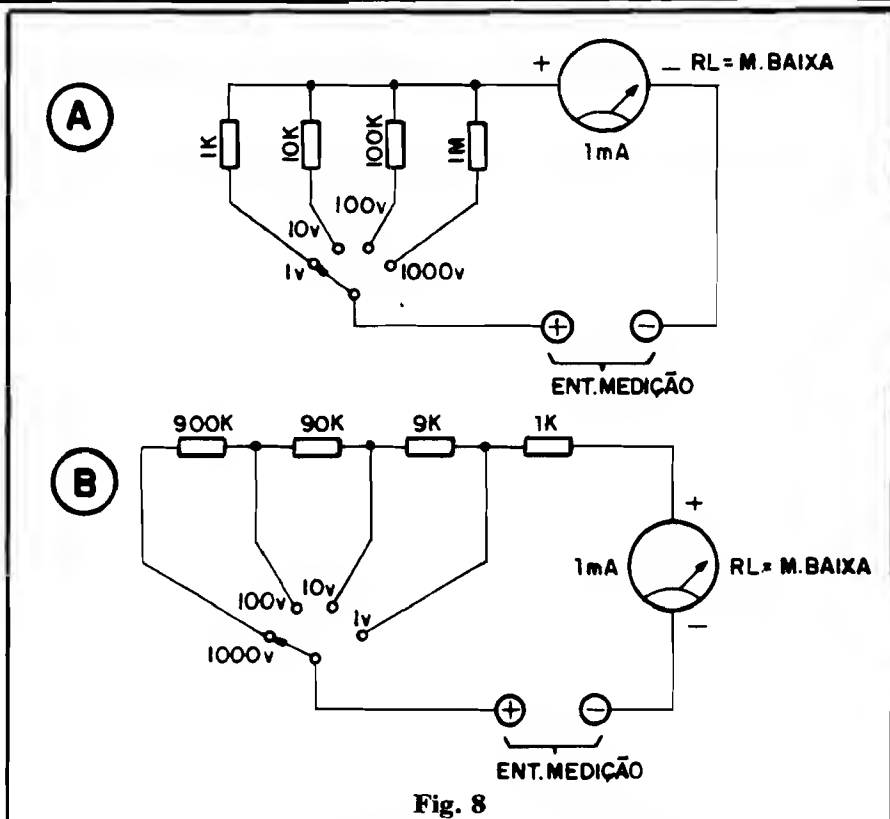



Fig. 8

- **FIG. 9** - E se não tivermos (ou se não quisermos usar...) uma chave de 1 polo x 4 posições...? Tudo bem... Ainda assim podemos elaborar um excelente voltímetro multi-faixas, simplesmente dotando o conjunto de uma diferente "entrada" de medição para **cada** faixa pretendida e calculada! Observem, respectivamente em 9-A e 9-B, a adaptação das idéias básicas mostradas em 8-A e 8-B, de modo a **não se usar** a chave rotativa...!

●●●●●

A POLARIDADE...

Agora tem uma coisa IMPORTANTE: o galvanômetro, e todo e qualquer arranjo que inclua o instrumento, é **polarizado**, ou seja: tem terminais **positivo** e **negativo** a serem respeitados! Num instrumento comercial, adquirido em loja, **sempre** existe a marcação nítida dos seus terminais, com os óbvios símbolos (+) e (-). Se a Corrente ou a Tensão forem aplicadas sob polaridade inversa à indicada, a probabilidade de dano ao instrumento será elevada (o ponteiro tenderá a defletir "ao contrário", para a esquerda, podendo entortar ou mesmo aruinar todo o delicado sistema mecânico, eixo, encostos, mola, etc., com a eventual "quebra" do galvanômetro...).

Assim, em **todos** os arranjos/exemplos mostrados, levar em consideração as marcações de pola-

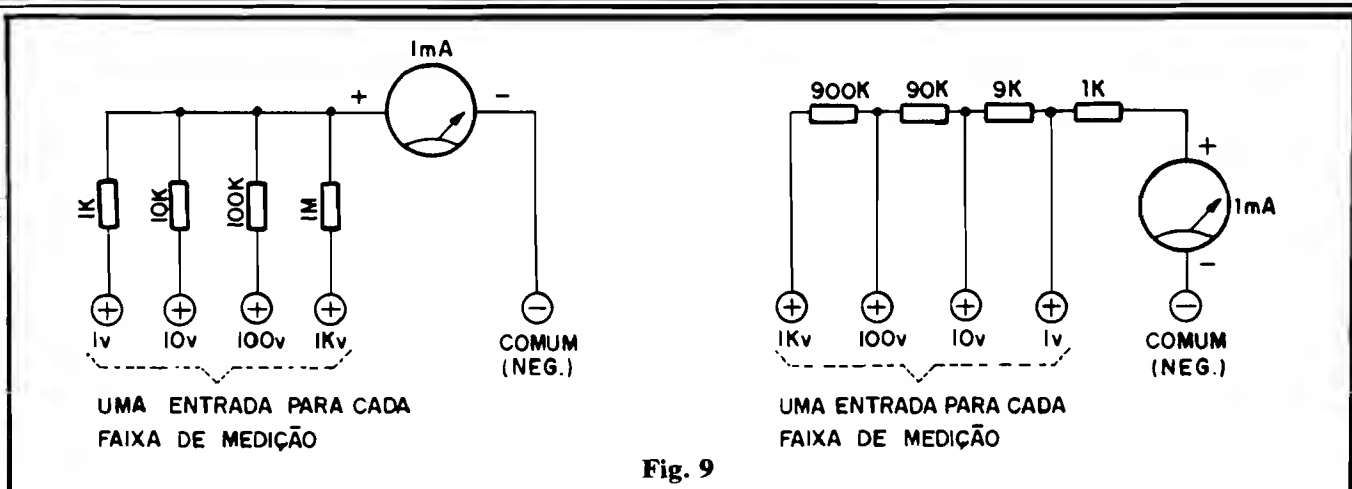



Fig. 9

ridade, já que são IMPORTANTES...

●●●●●

- **FIG. 10** - Já descobrimos como é fácil se "fazer" voltímetros **a la carte**, a partir de um galvanômetro de baixo alcance... Mas tem outro "truque" de ampliação de alcance, no próprio parâmetro básico de medição do instrumento, ou seja: podemos ampliar o **alcance** de modo que um instrumento original de 1 mA - por exemplo - possa confortavelmente (sem risco de ser "torrado" por sobrecarga...) "ler" Correntes de até 10 mA, 100mA, 1A, ou mais! Na adaptação como voltímetro, usamos o "truque" de "seriar" um resistor, de valor calculado para limitar a Corrente total ao parâmetro máximo determinado pelo alcance do galvanômetro... Agora o problema é diferente: temos que **permitir** a passagem de substancial Corrente pelo sistema de medição, mas de maneira que o instrumento, em sí, apenas "veja" uma parcela dessa Corrente, em intensidade compatível com o seu alcance... O diagrama da figura mostra como isso pode ser feito: se "paralelarmos" ao galvanômetro (considerado aqui como uma mera Resistência "RL"...) um Resistor de **Shunt** ou "Desvio" (RS), com valor ôhmico bem **mais baixo** do que o apresentado pela bobina do instrumento (RL), a Corrente Total (IT) se dividirá (na razão inversamente proporcional aos valores ôhmicos, como sabemos...), passando por RS o "grosso" da sua intensidade (IRS) mas transitando pelo medidor apenas uma pequena e compatível Corrente (IRL). O importante é que uma rigorosa **proporcionalidade** é mantida: se "dobrar" IT, "dobra" também IRL (assim como "dobra" IRS, mas isso não vem ao caso...) e assim por diante... Dessa forma, a indicação dada pelo galvanômetro pode ser diretamente "traduzida", através de uma conveniente escala, naquela "correntona" total (IT). Simplificando: com a colocação de um Resistor externo (RS), em paralelo com a Resistência Interna (RL) do galvanômetro, podemos controlar a corrente "assumida" pelo instrumento... Calculando adequadamente o **valor** de RS, podemos fazer o galvanômetro "alcançar" qualquer Corrente **superior** ao seu alcance original! A fórmula que permite encontrar o **valor** de RS é simples:

$$RS = \frac{RL}{N-1}$$

Onde: "RS" é o valor, em ohms do Resistor **shunt** (a ser paralelado com o instrumento), "RL" é a

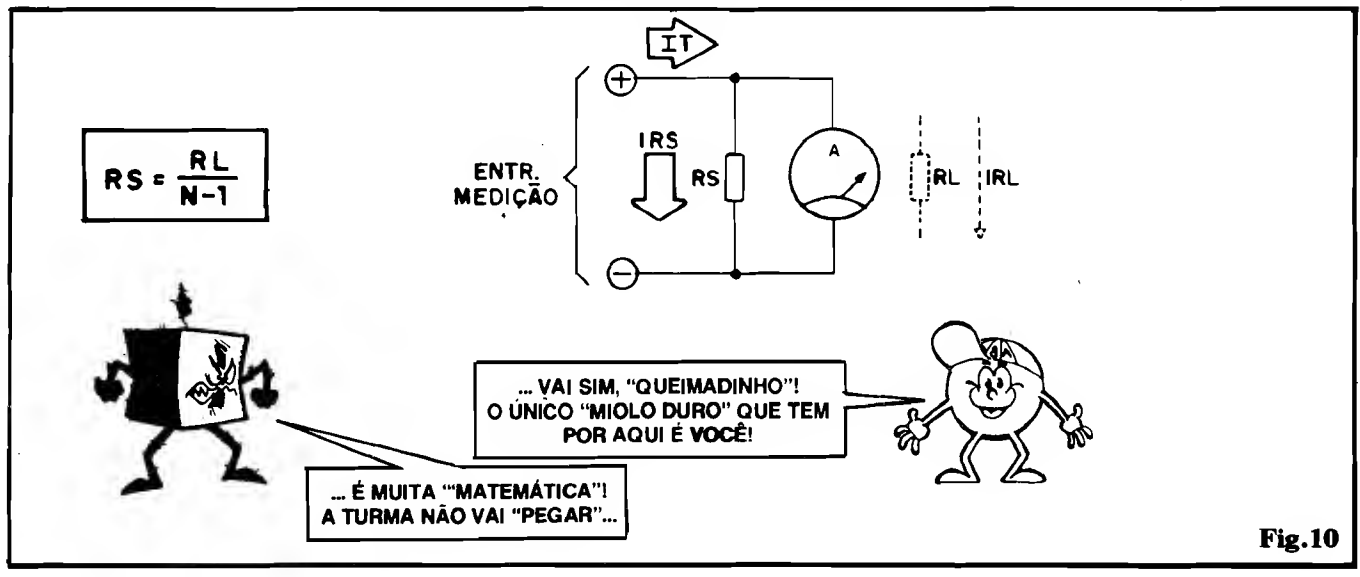



Fig.10

Resistência Interna, da bobina (agora esse exato valor é **importante**...), "N" é o número de vezes que pretendemos fazer a escala original "crescer", ou seja: o fator de multiplicação para o "fundo de escala"... Se - num exemplo - temos um galvanômetro de 1 mA e queremos fazer o "bichinho" medir até 1A, o "N" será equivalente a "1000" (ou 1 dividido por 0,001).

- **FIG. 11** - Vamos a um exemplo prático: temos um galvanômetro com alcance de 1 mA, Resistência Interna de 100R, e queremos fazer dele um poderoso medidor capaz de "alcançar" até 1A. Calculemos:

$$RS = \frac{RL}{N-1}$$

$$RS = \frac{100}{1000-1}$$

$$RS = \frac{100}{999}$$

RS = 0,1001001 (na prática, 0,1R)

Então, conforme mostra o esqueminha da fig. 11, basta paralelarmos um resistor de 0R1 (0,1R) com o dito galvanômetro, para obtermos um amperímetro, com alcance de 1A. Agora, sabemos que tem Leitor/"Aluno", por aí, "preocupado" com a dissipação no tal resistor, já que foi dito - e comprovado - que por ele transitará o "grosso" da Corrente (relativamente alta) a ser medida... Não há por que "esquentar"... Basta utilizar a fórmula de Potência ("wattagem") ensinada também na 1ª "Aula" do ABC!

Na verdade, "a" fórmula "são" 3, qualquer delas capaz de nos "dizer" o valor de P (em Watts), a partir do prévio conhecimento de Tensões (V), Correntes (I) ou Resistências (R). **Uma** dessas grandezas - a Tensão - nós não temos como prever, matematicamente... Então, entre as 3 fórmulas, devemos escolher aquela que "não pede" o valor de "V" para o seu cálculo... Ela é:

$$P = I^2 \times R$$

Vamos, então, calcular a dissipação no tal resistor RS, na prática desprezando o valor de RL, já que tão pequeno ele é (frente a RS), que podemos considerar **toda** a Corrente passando por RS (na verdade, um "tiquinho" - a parte "medida" - da Corrente, **passa**, sim, por RL...). **Temos** a Corrente máxima (1A) e o valor de RS, obtido no cálculo anterior (0R1). Então vamos lá:

$$P = 1 \times 0,1$$

P = 0,1W (na prática, um resistor para 1/4W "dará e sobrará")

Apostamos que o resultado foi **bem menor** do que Vocês esperavam, não...? É que, apesar da alta Corrente, um valor resistivo **tão** baixo quanto 0R1 estabelece uma diferença de potencial (Tensão) também **tão** baixo entre seus terminais que a fórmula **principal** da Potência (P = V x I) seguramente resultará também num valor numericamente **baixo**! É o que ocorre...

●●●●●

Fig.11

A IMPORTÂNCIA (AGORA...) DE "RL"

Não é difícil notar que, na fórmula determinadora do valor do Resistor **Shunt**, para aumentar o alcance (em Corrente) de um galvanômetro, o valor da Resistência Interna, da bobina (RL) assume importância **muito** maior do que tal parâmetro tem no cálculo do Resistor Multiplicador (RM) destinado a "transformar" o galvanômetro num voltímetro!

Nesse caso, **temos** que obter o valor de RL com boa precisão, ou simplesmente lendo sua indicação na escala do instrumento (se o fabricante colocou a inscrição lá...) ou medindo-o, com o método descrito na Seção "TRUQUES & DICAS" da presente "Aula"...

●●●●●

E ONDE OBTER RESISTORES COM VALORES TÃO BAIXOS?

Pela própria "montagem matemática" da fórmula, e pelas proporcionalidades elétricas envolvidas, na grande maioria das vezes o valor final obtido para RS será bastante baixo, o que, eventualmente, dificultará sua obtenção nas séries comerciais... De novo lembramos que basta usar os "velhos" truques de... PARALELAR vários resistores (de série comercial...) até obter o requerido e calculado valor! Não é difícil, e ganha-se ainda, como "bônus" um substancial "reforço" na dissipação geral.

●●●●●

- **FIG. 12** - E dá também para (usando **um só** galvanômetro...) fazer "correntímetros" de múltiplas faixas, com diversos fundos de escala...? É claro que dá: basta (ver figura) aplicar vários resistores **shunt** (RS), de valores especialmente calculados, estruturando também um sistema de chaves ou de entradas independentes que facilite a opção no momento da utilização... Com o **mesmo** miliamperímetro de 0-1 mA usado nos exemplos anteriores, mais três resistores de valores específicos

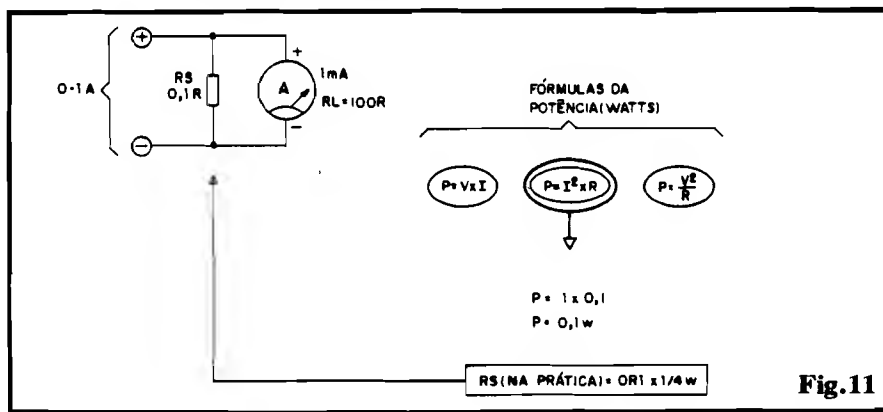
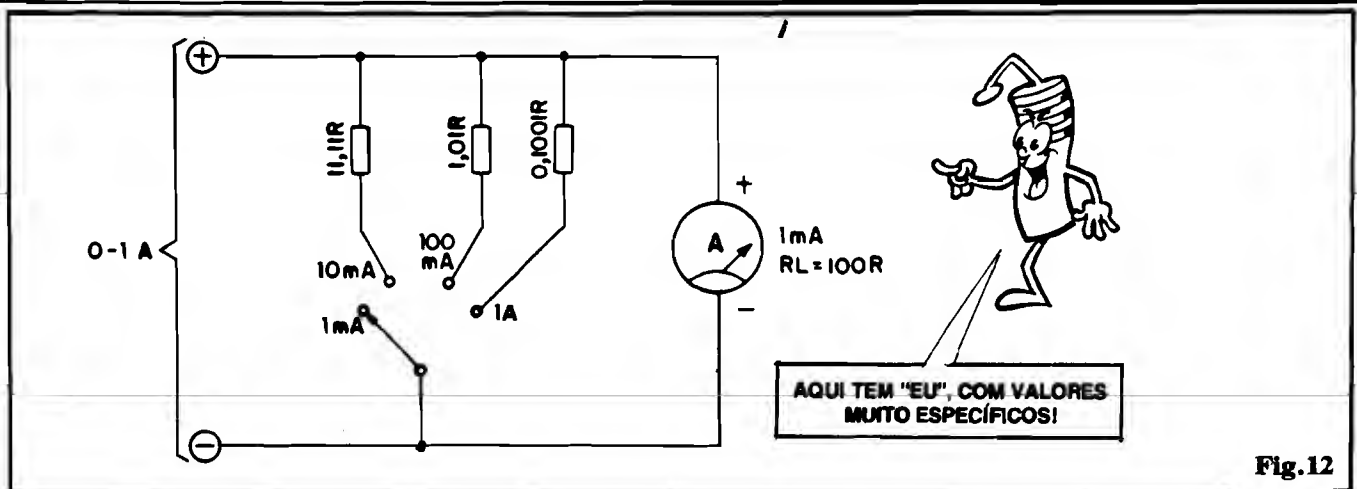



Fig.12

(todos obtidos com a fórmula já ensinada - confiram...), mais uma simples chave rotativa (1 polo x 4 posições) temos um "correntímetro" multi-faixas, com fundos de escala em 1 mA - 10 mA - 100 mA - 1A...! Os valores dos resistores são - é verdade - meio esquisitos, e terão que ser "feitos" com os truques já mais do que "manjados" pelos Leitores/"Alunos", mas, de resto, a "coisa" é tão fácil quanto o era a criação de um multi-voltímetro!

●●●●●

UM AVISO!

Em termos de medição de Tensão (com o auxílio do Resistor Multiplicador RM), o espectro é bem amplo, e podemos fazer um galvanômetro de boa sensibilidade (baixo alcance, lembram-se...?) "ler" desde frações de volt, até milhares de volts... Já na modificação do alcance puramente em Corrente, podemos modificá-lo **para cima**, mas NÃO **para baixo**!

Não é possível adaptar-se de maneira simples, um galvanômetro de 0-1 mA para um fundo de escala de - por exemplo - 100uA (salvo com amplificadores de Corrente - os transístores estão aí pra isso - mas é uma outra história...). Em futuras "Aulas" veremos algumas maneiras - já bem mais sofisticadas do que a mera anexação de resistores de "apoio" - que permitem essa alteração, que envolve o aumento da SENSIBILIDADE do Instrumento.

- **FIG. 13** - A transformação das escalas. O galvanômetro (geralmente um microamperímetro ou miliamperímetro...) comercial, adquirido na loja, vem com sua própria escala, com o arco de deflexão do ponteiro já demarcado e subdividido com as marcações intermediárias, etc. Quando transformamos o "bichinho" num medidor de "outra grandeza" (ou da mesma grandeza, em **outra escala**...), é praticamente inevitável que alteremos a escala original, em suas marcações, valores, divisões, etc., de modo a tornar confortável e direta a leitura das medições! Como escalas de Correntes ou de Tensão permanecem proporcionais e lineares, a "coisa" não é muito difícil... Observem, em 13-A a escala original de um miliamperímetro de 0-1 mA, com suas divisões e marcações costumeiras... Em 13-B temos a **mesma** escala já com as marcações alteradas para voltímetro de 0-10V (as "posições" das divisões permanecem inalteradas...). Já em 13-C a **mesma** escala foi remarcada para um fundo de escala de 100 mA... Notem que a operação envolve alguns cuidados de "mão de obra":

- Remover, com **muito** cuidado, a janela ou tampa de acrílico transparente que envolve o mostrador do instrumento.

- Soltar a escala original, com **mais cuidado ainda**, liberando-a de seus encaixes ou despertando os pequenos parafusos que a prendem... Nessas duas operações O PONTEIRO NÃO PODE SER TOCADO, NEM "DE LEVE", pois isso danificará o mecanismo extremamente delicado do instrumento!

- A modificação das divisões ou marcações é fácil: basta raspar com "gilete" ou estilete as no-

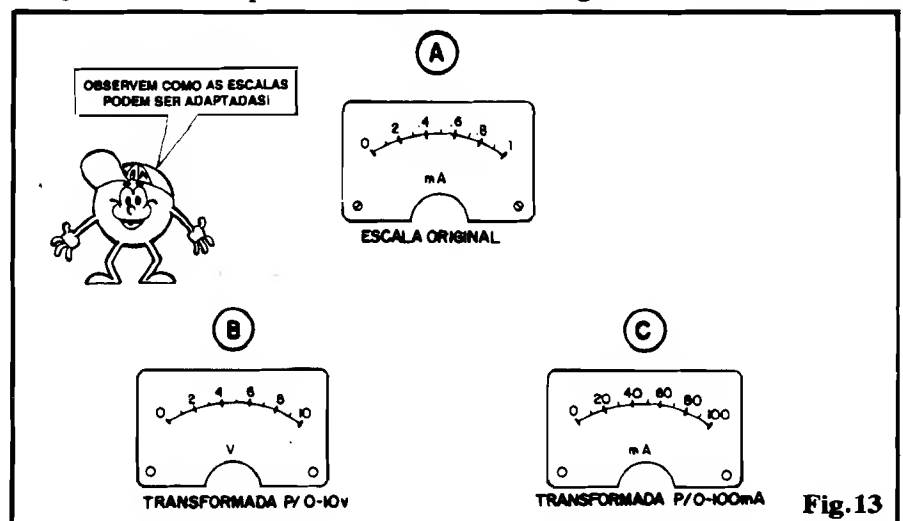



Fig.13

tações originais e refazê-las, com nanquim (caneta de pena bem fininha) ou com decalques tipo "Letraset".

- Recolocar a escala e a tampa transparente nos seus lugares, novamente com EXTREMO cuidado, para não tocar o ponteiro e muito menos "forçá-lo" de sua posição natural.

- **FIG. 14** - Tudo o que foi mostrado, explicado e exemplificado até agora, envolveu apenas medições de Corrente ou Tensão **Contínuas**, ou seja: manifestações elétricas de polaridade definida e conhecida... Mas e se as grandezas a serem medidas forem **alternadas**...? Como os galvanômetros, pelos seus próprios princípios eletro-magnéticos/mecânicos de funcionamento, são dispositivos **polarizados**, o recurso que temos é "transformar" as manifestações elétricas de polaridade alternada em equivalentes valores com polaridade única! Entra em ação, então, o nosso velho amigo, o DIODO comum (estudado na 3ª "Aula", que deve ser re-vista pelos "Alunos"...)! Observem, em 14-A que se colocarmos o galvanômetro, polarizado, no "meio" de uma ponte de diodos, podemos aplicar Tensões ou Correntes de **qualquer** polaridade às Entradas de Medição (EM), já que os sentidos "de condução" das junções semicondutoras "obrigarão" as Correntes a apenas se apresentarem ao Instrumento na correta polaridade! Em 14-B temos uma versão mais "crua" (porém funcional...), com um só diodo, que entrega ao instrumento apenas os semi-ciclos "corretos" (em termos de polaridade...). É bom lembrar de alguns detalhes importantes: como os diodos apresentam uma natural **queda de tensão** através das suas junções PN, para evitar "falseamentos" nas indicações devemos utilizar apenas componentes de GERMÂNIO, cuja queda de potencial inerente à "barreira" da junção é **menor** (cerca de 0,2V contra 0,6V) do que a apresentada pelos diodos de SILÍCIO... Outra coisa: as indicações mostrarão (no galvanômetro) uma "média" ou uma "integral" da energia realmente aplicada, já que numa C.A. há momentos de energia (Tensão/Corrente) "zero" (rever "Aula" nº 3...). Com a "ponte" de diodos, teremos uma medição em RMS ("média quadrada") e **não** de "picos"... Notem ainda que, devido às naturais inércias mecânicas e magnéticas do sistema de bobina móvel usado nos galvanômetros, mesmo sob uma C.A. o ponteiro não "vibrará" (salvo sob frequências inferiores a 10 Hz, onde uma sensível "fibrilação" será visível no dito ponteiro...), mantendo, em termos de posicionamento angular no arco de medição, uma posição média bastante consistente. De qualquer maneira, se quisermos que o galvanômetro nos dê indicações **de pico** das Tensões Alternadas, temos que compensar (pela proporção de "1, 4142" ou "$\sqrt{2}$") o cálculo dos resistores anexos...).

Fig.15

Fig.14

- **FIG. 15** - Não é incomum (já verificamos isso, mesmo nos exemplos simplificados mostrados até agora...) que os cálculos para determinação dos resistores de "apoio" (seja o Resistor Multiplica-

dor, seja o Resistor **Shunt**...) resultem em valores numéricos "esquisitos", fracionários, muito fora dos **standarts** das séries comerciais... Mesmo quando "damos" sorte nos cálculos, às vezes necessitamos de uma **precisão** praticamente impossível de ser obtida com resistores fixos de quaisquer valores (ainda que cuidadosamente arranjados em série/paralelo, etc...). Não podemos nos esquecer, contudo, que temos à disposição os resistores variáveis ou ajustáveis (potenciômetros e **trim-pots**) que, perfeitamente, podem "fazer parte" dos conjuntos resistivos de "apoio" aos galvanômetros em aplicações específicas! Conforme mostra a figura, nada impede que resistores "não fixos" (ajustáveis) componham os necessários totais correspondentes a "RM" (fig. 15-A) ou "RS" (fig.15-B)! Em ambos os casos, basta dispormos de uma referência externa, precisa e confiável, para que possamos efetuar uma **rigorosa** calibração no instrumento, com o que a precisão geral ficará em ponto ótimo! Para que não se corra o risco de, num extremo do ajuste do **trim-pot** (nos exemplos dados...), sobrecarregar o instrumento, é sempre conveniente a presença do Resistor Fixo anexo, que funciona como um "limitador" automático dos ajustes possíveis... Lembrando ainda que um ajuste confortável sempre deve partir da posição central do **knob** de **trim-pots** ou potenciômetros, devemos sempre optar por um resistor ajustável com o **dobro** do valor que, se somado ao de RF, daria aproximadamente o "número" ôhmico previamente encontrado em cálculo! As formuletas sob cada diagrama ilustram isso, matematicamente... Em casos nos quais extrema precisão seja requerida, podemos usar **trim-pots** do tipo "multi-voltas", nos quais a variação de Resistência se dá muito "lentamente" em função do giro do respectivo **knob** (isso permitirá fáceis calibrações por "um fio de cabelo"...).

●●●●●

MEDINDO RESISTÊNCIAS COM UM GALVANÔMETRO...

Tínhamos "prometido", lá no início da presente "Lição" que um galvanômetro também poderia ser usado para medir Resistências (a RESISTÊNCIA é uma grandeza elétrica "não ativa", inerente ao **componente** e não à **energia** a ele aplicada...). De novo devemos recorrer à "inesquecível" Lei de Ohm...!

Tendo sempre em mente a interdependência das três principais grandezas, podemos anexar ao galvanômetro alguns itens de "apoio" que nos permitirão, com boa precisão, "ler" e medir o valor ôhmico de componentes (notadamente Resistores, mas também qualquer outro componente, ou arranjo que tenha, intrinsecamente, uma "Resistência"...).

- **FIG. 16** - As fórmulas que já conhecemos "dizem" que a Resistência "R" é função da Tensão "V" dividida pela Corrente "I", ou que a Corrente "I" é resultado da Tensão "V" dividida pela Resistência "R"... Se submetermos, então, um componente ou circuito a uma Tensão **fixa**, a Corrente que circulará será **proporcional**, inversamente, à Resistência apresentada por esse componente ou circuito (é a própria "essência" da Lei de Ohm...). Assim, se anexarmos a um galvanômetro uma fonte de Tensão, fixa e conhecida, a deflexão do ponteiro do instrumento será inversamente proporcional ao eventual valor ôhmico de qualquer componente que utilizarmos para "fechar" o circuito! Como a proporcionalidade é INVERSA, quanto **maior** for o valor da Resistência a ser medida (RX), **menor** será a Corrente indicada pelo instrumento, e vice-versa... Nesse caso, o "fundo de escala" (alcance total do instrumento) corresponderá ao "zero" (em termos de RESISTÊNCIA, medida...), enquanto que o "zero" natural da escala do instrumento corresponderá a uma RESISTÊNCIA "RX" **infinita**... Para que tenhamos meios não só de calibrar com precisão as indicações e o "zero", mas também de determinar as faixas de medição, o arranjo básico deve ser o mostrado no diagrama: "V"" é a fonte de Tensão fixa e conhecida, normalmente uma ou mais pilhas, "RF" é um Resistor Fixo, limitador e determinador da faixa de medição, "RA" é um Resistor Ajustável (potenciômetro) através do qual calibramos com precisão o "zero" de Resistência entre as Entradas de Medição (EM), correspondendo à indicação máxima na escala do instrumento (ponteiro

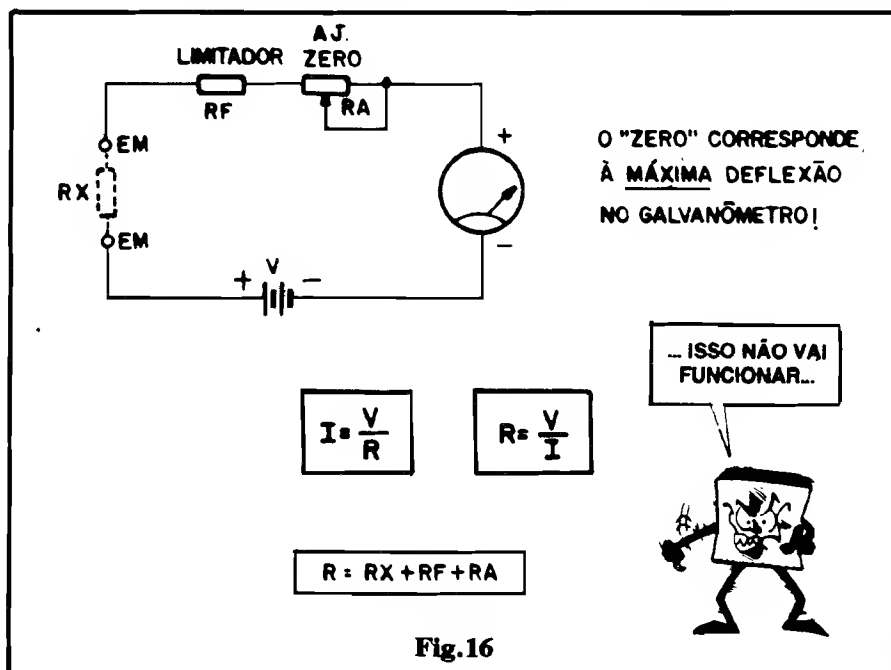
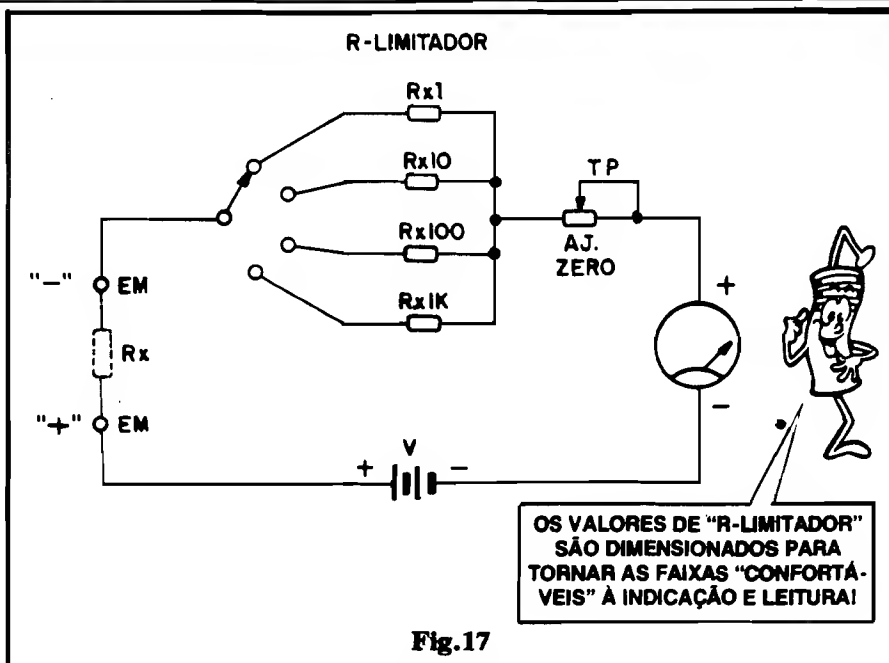



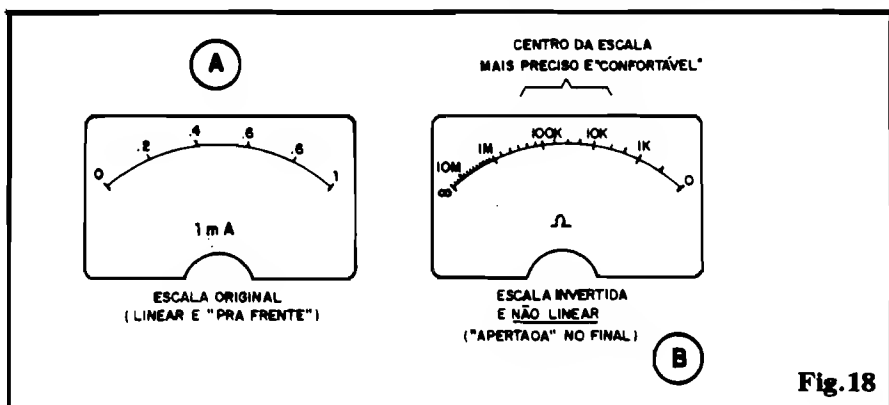
Fig.16

ro todinho à direita...). Notem, então, que o valor de "R" nas fórmulas básicas oriundas da Lei de Ohm, corresponde, na verdade, à **soma** dos valores de RF + RA + RX. Vamos, num exemplo prático, supor que o alcance natural do instrumento é de 1 mA e que a fonte de Tensão fixa V é uma única pilha de 1,5V. Se RF tiver 1K e RA esse mesmo valor, colocando-se as entradas de medição EM "em curto" (o que corresponde, na prática, a Resistência "zero" sendo medida...) e posicionarmos o ajuste de RA no seu exato centro, este assumirá um valor de 500R que, somados ao 1K de RF totalizará 1K5. Pois bem: uma Tensão de 1,5V, sobre uma Resistência de 1K5 determinará uma Corrente de 0,001A, que representa, exatamente, a deflexão máxima do galvanômetro exemplificado! Teremos, então, "calibrado o zero" com precisão... O ponto inicial (repouso, à esquerda) do ponteiro na escala, corresponderá à Resistência RX infinita, ou seja: "nada alí", entre as Entradas de Medição EM... Ao longo de toda a escala do galvanômetro teremos todas as indicações possíveis de Resistência, entre "zero" e infinito! Notem, então, que uma das características dos OHMÍMETROS feitos a partir de um galvanômetro de bobina móvel, é que as escalas ou faixas sempre terminam no **infinito** e não num fundo de escala definido! A outra importante diferenca é que a marcação da escala é feita "de trás pra frente", nitidamente **invertida**... Tem uma terceira característica, que é o "apertamento" da escala, no seu final, sobre o qual falaremos mais adiante...

- **FIG. 17** - De maneira muito parecida com o que fazemos nos "multi-voltímetros" ou "multi-correntímetros" já explicados, também na adaptação de um galvanômetro para ohmímetro podemos conseguir um sistema multi-faixas com a anexação de vários resistores fixos (RF) de valores especialmente determinados para posicionar (notem que não dizemos mais "quantificar"...) as

Fig.17

"zonas de valores" em confortáveis divisões da escala do instrumento... É bom notar que a configuração **não permite** determinarmos "fins" de escala "numéricos" (por exemplo: 10R - 1K - 100K - 10M...), já que todas as faixas, inevitavelmente, "terminarão em infinito"! No caso, fazemos o possível para que a região central da escala do instrumentro mostre as divisões e marcações dentro de certa faixa apropriada de valores numéricos de Resistência... As faixas são, então, escalonadas assim: R x 1 - R x 10 - R x 100 - R x 1K, etc., simplesmente indicando que o "número" mostrado pelo ponteiro deverá ser "multiplicado" por 1, ou por 10, ou por 100, etc. para a efetiva interpretação em **Ohms**! Vejamos a razão disso, na próxima figura:

- **FIG. 18** - Devido ao inevitável "espremimento" da escala, notadamente no seu final (que corresponde ao início da escala original de Corrente, do instrumento...), poderemos ler diretamente, com certo conforto, apenas do início até pouco mais da metade do arco (sempre "de trás pra frente", conforme já explicado...). As eventuais sub-divisões ou marcações. no finalzinho, ficam **tão juntas** que não há como identificarmos os valores relativos às posições assumidas pelo ponteiro... Essa é a razão única de usarmos, nas medições de Resistência, o "truque" das várias faixas (aparentemente incongruente, já que **todas** as faixas "começam em zero" e "terminam em infinito"...!). As figs. 18-A e 18-B mostram a escala "original" de um galvanômetro e mais ou menos como ela ficaria ao ser transformado o instrumento

Fig.18

num ohmímetro (através dos arranjos mostrados na fig. 16...). Observem, na estilização, que enquanto "de zero a 1K" temos um arco relativamente amplo para deslocamento do ponteiro e respectivas divisões da escala, entre "1M e 10M" (um "espaço" numérico correspondente a 9.000 vezes mais valores inteiros de Resistência...) temos um arco **menor** do que o primeiro, com as marcações e divisões "espremidíssimas" e absolutamente ilegíveis... É por isso que as marcações correspondentes à Resistência (em Ohms, Kohms ou Mohms...) **não são** feitas na escala, como mostrado em 18-B! Lá Você terá apenas **números**, que devem ser multiplicados pelo fator da faixa (x1 - x10 - x100, etc.) para resultar nos Ohms, Kohms ou Mohms a serem "lidos"...

●●●●●

SOBRE O "NADA" E O "INFINITO"...

Apenas para "bolinar" a mente dos Leitores/"Alunos" (atenção, desde já: aqui **não é** uma "Aula" de Religião, de Metafísica ou de Filosofia Pura...) vamos falar um pouquinho sobre as possibilidades de existir um RESISTOR COM "ZERO" OHMS ou um RESISTOR COM "INFINITOS" OHMS... Embora a escala dos ohmímetros **mostre** tais marcações, e embora o ponteiro por vezes, "pare nelas", tratam-se apenas de **referenciais**, já que fisicamente tais valores simplesmente NÃO EXISTEM! É isso mesmo!

"RESISTÊNCIA ZERO" pressupõe a mais radicalmente absoluta "facilidade" para o trânsito de elétrons livres, num material qualquer... Simplesmente tal material ou condição inexistem! Mesmo o melhor dos melhores dos "supercondutores", desenvolvidos ultimamente (são materiais especiais e que, levados a baixíssima temperatura, geram enormes facilidades à passagem da Corrente) apresenta **alguma** Resistência ou oposição ao livre trânsito das cargas elétricas... É uma condição inerente à própria matéria/energia da qual todo o Universo é feito: "existem **ligações** - ainda que fraquíssimas, sob determinadas circunstâncias - entre as partículas atômicas e sub-atômicas... Tais **ligações** NÃO PODEM ser totalmente desfeitas e assim, cargas ou "partículas" simplesmente **tem** que encontrar "obstáculos" à sua movimentação (ainda que irrisórios)!

Assim, mesmo um "pedaço" de **cobre** (metal altamente condutor, pela "facilidade" com que as cargas elétricas têm de "andar" por entre seus átomos...) com a espessura de **um átomo**, mostrará **alguma** ("imedível", mas **está lá**...) Resistência, já que forças atômicas fracas, mas consistentes, "insistirão" em causar "alguminha" dificultação à liberação de elétrons portadores da Corrente!

Na outra "ponta" da questão, "RESITÊNCIA INFINITA" também **não existe**, já que - teoricamente - tal "valor" apenas seria verificado num... pedaço de **NADA** (e esse "nada" aí encontra-se no seu mais profundo e completo significado: **absoluta ausência** de matéria, em qualquer estado, energia, radiação, etc.). Qualquer "coisinha", ainda que (quase) infinitesimal, que **exista** num espaço de qualquer tamanho, estabelecerá "alguminha" condição de "trânsito" para cargas elétricas de conveniente intensidade! Como no Universo é impossível verificar-se o "vazio absoluto", a "RESISTÊNCIA INFINITA" é, também, **impossível**...

Na prática, mesmo um bloco de vidro (material altamente isolante, pela extrema rigidez com que os elétrons são "presos" aos átomos que formam suas moléculas...) extremamente longo e fino, se submetido a uma diferença de potencial (Tensão) entre seus extremos, "deixará passar" uma Correntezinha" (não há **como** medí-la, mas ela "passa"...!). "Piconésimas" frações de um pico-Ampére, mas - seguramente - **está lá**!

O UNIVERSO - ao contrário do que querem ou pensam alguns - NÃO ADMITE O **ABSOLUTO**! O "NADA" e o "INFINITO" são puramente **referenciais** matemáticos... Cuidado, portanto, com "teorias", "filosofias", etc. que usam e abusam de "conceitos" como **infinito**, **eterno**, essas besteiras...

"Voltando ao chão", os medidores, em Eletro-Eletrônica, fazem "o que podem", e **mostram** o que é possível, mas nada é **absolutamente preciso e correto** (matematicamente falando). Mesmo quando um ohmímetro (ou multímetro, chaveado para tal função...) está lá, na bancada, com suas pontas de prova "soltas", o ponteiro repousando à esquerda da escala (apontando para aquele "oito deitado" que significa "infinito"...), na verdade, o medidor está "vendo" uma Resistência de vários "porrilhões" de Megohms (ou Gigaohms, ou Teraohms...). O AR, na verdade, é um péssimo isolante (se fosse um bom isolante, **jamais** um "raio" cairia sobre a cabeça de alguém...).

●●●●●

UMA APLICAÇÃO: VOCÊ PODE CONSTRUIR UM MULTÍMETRO

Com os conhecimentos teórico e práticos até agora adquiridos via ABC, mais os "macetes" e "malícias" adquiridos por conta própria, não haverá grande dificuldade ao Leitor/"Aluno" que "botar na cabeça": - VOU CONSTRUIR UM MULTÍMETRO! É certo que existe muito mais conforto e "boa vida" em comprar um multiteste prontinho, bonitinho, na loja... Entretanto, quem tiver acesso a um mero galvanômetro (0-1mA) de preço não muito "bravo", com um pouquinho mais de "grana" poderá obter alguns componentes comuns (resistores, diodos, potenciômetro, pilha, bornes, caixa, etc.) e construir um multi-analisador de componentes e circuitos que - perfeitamente - "quebrará o galho" em toda essa fase inicial do "Curso"!

Na presente sugestão da APLICAÇÃO, daremos apenas o "esquema" e um **lay out** para o "encaixamento" final... Os componentes são todos já bem conhecidos, e as técnicas de montagem e interligação também já são do domínio de qualquer dos Leitores/"Alunos"... Além disso, tudo é **tão** simples, circuitalmente, que o

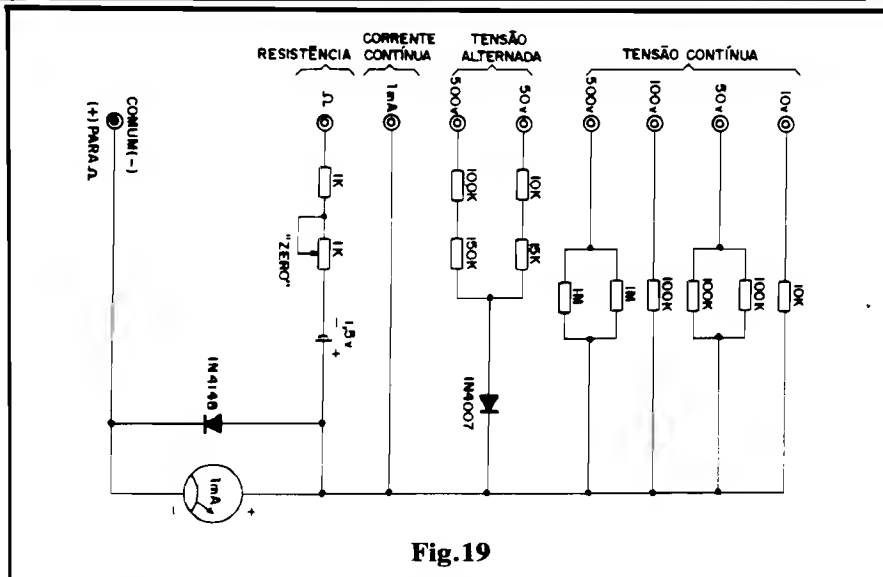



Fig.19

MULTÍMETRO agora proposto poderá até ser montado **sem** nenhum substrato eletro-mecânico (sem Circuito Impresso, sem "ponte de terminais", etc.), simplesmente ligando-se os componentes ponto-a ponto...

●●●●●

- **FIG. 19** - Diagrama esquemático do nosso MULTÍMETRO, simples e barato. Praticamente **toda** a despesa ou custo está concentrada no instrumento, um galvanômetro com alcance de 1 mA. O resto é "resto"... Notem ainda que para economizar e simplificar "até o talo", sequer sugerimos o uso de chaveamentos complexos, preferindo mostrar o diagrama na base de "um borne para cada entrada de medição"... São 4 faixas de medição de Tensão Contínua (com fundos de escala em 10V-50V-100V-500V), 2 de Tensão Alternada (50V-500V), uma de Corrente Contínua (1 mA) e uma de Resistência (com "zero" ajustável por potenciômetro incorporado...). Notem que o terminal (entrada) COMUM representa, em termos de polaridade, o **negativo** para todas as faixas, **menos** para a medição de Resistência, caso em que esse terminal "torna-se" o **positivo.** De qualquer forma, observar com atenção as polaridades do galvanômetro, da única pilha (pode ser uma pequena, já que o "dispêndio" de Corrente é muito baixo...) e dos diodos, notando que um deles é de código 1N4007 e o outro 1N4148. Os resistores (todos) são de valores super-comuns, de facílima aquisição...

- **FIG. 20** - A sugestão para o "encaixamento" do nosso MULTÍMETRO (incluindo a configuração do painel e dos cabos/pontas de prova). Algumas "dicas": usar um borne (jaque) **preto** para a entrada "COMUM" e outras cores para as demais entradas (exemplo: **vermelho** para as 4 faixas de VC, **verde** para as duas de VA, **azul** para a de CC e **branco** para a de Resistência). Recomenda-se o uso de jaques "banana" nessas entradas, pois além de práticos, podem ser encontrados em várias cores, facilitando a "codificação visual". Os cabos de prova, no caso, deverão ter plugues "banana" nas extremidades destinadas à conexão com o aparelho, e pontas de prova médias ou longas, nas outras extremidades. Para os cabos, são apenas duas as cores de codificação: **vermelho** para o cabo "vivo" de medição e **preto** para aquele que - em todas as medições - deve ser ligado à entrada (-) "COMUM"... Quanto às marcações da escala, já foram dadas "dicas" importantes, ao longo da presente "Lição" teórica, mas aqui vão outros "truques": a faixa de CC (1 mA) já "está lá", é a escala original do galvanômetro. As faixas de 10V e 100V (VC) podem ser facilmente inferidas, nem precisam receber marcação específica... As faixas de 50V e 500V, tanto em VC quanto em VA podem ser facilmente re-marcadas, numericamente, sobre (ou sob...) a escala original, sem problemas... O que dará um pouco mais de trabalho será a marcação das divisões na faixa de Resistência. A calibração e a marcação terão que ser feitas por referência e por "amostras": inicialmente o Leitor/"Aluno" deve usar resistores fixos de 100R - 1K - 10K - 100K - 1M -10M... Coloca-se as pontas de prova em curto (cabos nas entradas "COMUM" e " Ω "...), "zera-se" a indicação através do potenciômetro (o pon-

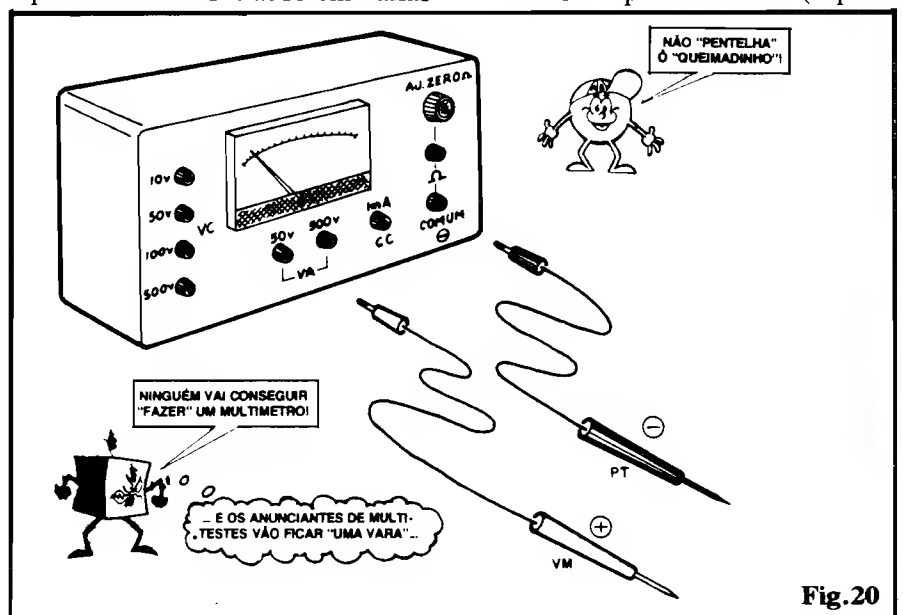



Fig.20

teiro deve ficar exatamente sobre o fim "natural" da escala, todo à direita - já que a escala de Resistência é "ao contrário"...) e, medindo-se um a um os resistores de referência/amostra, vão se estabelecendo as marcações correspondentes aos seus valores. Para melhorar a resolução da escala, novas seções de marcação devem ser feitas, usando-se resistores de referência com valores intermediários (exemplo: 47R-470R-4K7-47K-470K-4M7...), tantos quantos for possível obter... A escala de Resistência, ainda que um tanto "tosca", ficará funcional e aproveitável para finalidades que não envolvam precisão absoluta... Para finalizar, um conselho prático: quanto **maior** for o mostrador/escala do galvanômetro original (infelizmente o tamanho traduz-se, diretamente, em **preço** nos instrumentos de bobina móvel...), **melhor**, tanto para a "re-marcação" das escalas e faixas, quanto para a própria "leitura" dos valores, pelo usuário... Se o Leitor/"Aluno" contudo, for muito "bom da vista", nada impede, tecnicamente falando, que seja usado um miliamperímetro pequeno, com qualquer "formato" de escala (ver TRUQUES & DICAS).

●●●●●

A Seção de CARTAS da ABC destina-se, basicamente, a esclarecer pontos, matérias ou conceitos publicados na parte Teórica ou Prática da Revista, e que, eventualmente, não tenham sido bem compreendidos pelos Leitores/Alunos. Excepcionalmente, outros assuntos ou temas **podem** ser aqui abordados ou respondidos, a critério único da Equipe que produz ABC... As regras são as seguintes: (A) Expor a dúvida ou consulta com clareza, atendo-se aos pontos **já publicados** em APE. **Não** serão respondidas cartas sobre temas ainda não abordados... (B) Inevitavelmente as cartas só serão respondidas após uma pré-seleção, cujo crivo básico levará em conta os assuntos mais relevantes, que possam interessar ao maior número possível de Leitores/Alunos. (C) As cartas, quando respondidas, estarão também submetidas a uma inevitável "ordem cronológica" (as que chegarem primeiro serão respondidas antes, salvo critério de importância, que prevalecerá sobre a "ordem cronológica"...). (D) NÃO serão respondidas dúvidas ou consultas pessoalmente, por telefone, ou através de correspondência **direta**... O **único** canal de comunicação dos Leitores/Alunos com a ABC é **esta** Seção de CARTAS. (E) Demoras (eventualmente **grandes**...) são absolutamente inevitáveis, portanto não adianta gemer, ameaçar, xingar ou fazer beicinho, as respostas só aparecerão (se aparecerem...) quando... aparecerem!

Endereçar seu envelope assim:

Revista **ABC DA ELETRÔNICA**
Seção de **CARTAS**
KAPROM - EDITORA, DISTRIBUIDORA E PROPAGANDA LTDA.
R. General Osório, 157
CEP 01213 - São Paulo - SP

As explicações claras e objetivas de ABC, mais as "dicas", que somente com anos de prática alguém viria a saber, mostram que a Revista veio, realmente, preencher as necessidades, minhas e de quem pretende aprender Eletrônica... Tenho encontrado alguma dificuldade em obter resistores de 1/4W ou 1/2W... Gostaria de saber se posso usar - por exemplo - 2 de 1/8 na substituição de um de 1/4, ou quatro de 1/8 substituindo um de 1/2 (mantendo o mesmo valor ôhmico final, é claro...). Outra coisa que imaginei é se não posso enrolar um pouco de fio de solda no resistor, aumentando assim a potência dissipada..." - José Edmir - Fortaleza - CE

Na verdade, Zé Edmir, quando as LISTAS DE PEÇAS de ABC "pedem" resistores de 1/4W, estão apenas usando um ponto de referência genérico, para componentes de baixa potência... Podem, perfeitamente, ser usados componentes para 1/8W ou 1/3W, mais comuns atualmente! Para simplificar, os resistores de baixa potência que Você (ou qualquer outro Leitor/"Aluno"...) obtem ao chegar a uma Loja e pedir, simplesmente: "- Quero um resistor de 10K" (sem citar, especificamente, a dissipação...), serão perfeitamente adequados para as montagens gerais! Não esqueça, porém, de **duas circunstâncias**: (A) Quando a LISTA DE PEÇAS enfatiza a expressão "ATENÇÃO À WATTAGEM", é sinal de que a dissipação, no caso, é substancial e importante... (B) Quando tal expressão não consta da discriminação do item, Você (e os demais Leitores/"Alunos") pode usar um componente para praticamente **qualquer** dissipação, mesmo **superior** à indicada na LISTA! Interprete, então, da seguinte maneira: estando a dissipação, na LISTA, indicada como "1/4 W", **pode** usar um resistor com a **menor** dissipação encontrada entre os componentes comerciais, normalmente presentes nas "gavetas" das lojas (mesmo 1/8 W...). Paralelar resistores para obter maiores "wattagens" é uma solução técnica e matematicamente válida, porém apenas aplicável, na prática, para casos de **alta dissipação**! Enquanto estivermos nas "quirelas" da Potência, não há motivo para preocupações a respeito... Quanto a enrolar um fio de solda sobre o resistor, parece-nos que Você imagina com isso acoplar uma espécie de "radiador" de calor para o componente, não é...? Embora seu raciocínio **tenha lógica** (uma ampla superfície metálica rigidamente agregada ao resistor, facilitaria a "saída" do calor por ele gerado...), na prática isso não mostra viabilidade, além de envolver cálculos matemáticos bastante complexos e absolutamente desnecessários, no dia-a-dia... Quando um componente (resistor, no caso...) de alta "wattagem" é solicitado, normalmente sua própria construção industrial (de fio...) já incorpora a "facilidade" para a irradiação do calor. Não confunda com o caso dos semicondutores (transístores) de maior potência, que apresentam externamente superfícies, "orelhas" ou "lapelas" metálicas destinadas justamente ao acoplamento termo-mecânico de dissipadores externos...

•••••

"Estou gostando muito da publicação, porque a didática adotada tornou o aprendizado realmente prazeroso, saindo do "lugar comum"... Agora penso que algo "deu errado" no texto da pág. 48 de ABC nº 6 (bloco de ANTECIPAÇÃO TEÓRICA...), onde é mencionado que o ***secundário*** *do trafo está ligado à* ***base*** *do transístor e o* ***primário*** *ao* ***coletor...*** *Se isso for verdade, então haverá um erro no diagrama do circuito (fig. 1 - pág. 44), com uma inversão no assentamento do transformador...!" - Ayres - Nova Iguaçu - RJ*

"Cê" tá certo, Ayres, e nós erramos... Na descrição do TESTADOR UNIVERSAL DE TRANSÍSTORES (Montagem Prática 12, em ABC nº 6), estão corretas **todas as figuras**, porém houve uma sistemática inversão dos termos **"primários"** e **"secundário"** em todo o bloco de **texto** referente à fig. 8 (pág. 48 - ABC nº 6)! Nesse bloco de texto, em todo lugar onde aparece **"secundário"**, leiam **"primário"** (e vice-versa...). Pedimos desculpas à Turma pela cagada de redação. O cara que redigiu o referido Texto foi, inapelavelmente, condenado a receber dezoito marteladas na falange, porém o Tribunal

interno do ABC concedeu-lhe "suspensão da sentença", por ser **primário** (ele só tem "Diploma" desse Curso...), feito fazem os Tribunais "de verdade", por aí, com aqueles "graúdos" que metem a mão na Previdência, no Fundo de Garantia e nessas coisinhas de somenos importância... Agora, falando sério: pedimos a todos que retifiquem seus Exemplares/"Aula" nos pontos citados, para que suas "Lições" fiquem perfeitas... Agradecemos a Você, Ayres, pela atenção e colaboração! Fique conosco, que Leitores/"Alunos" tipo "olho de lince", feito Você, são extremamente valiosos, para a Revista e para a Turma...

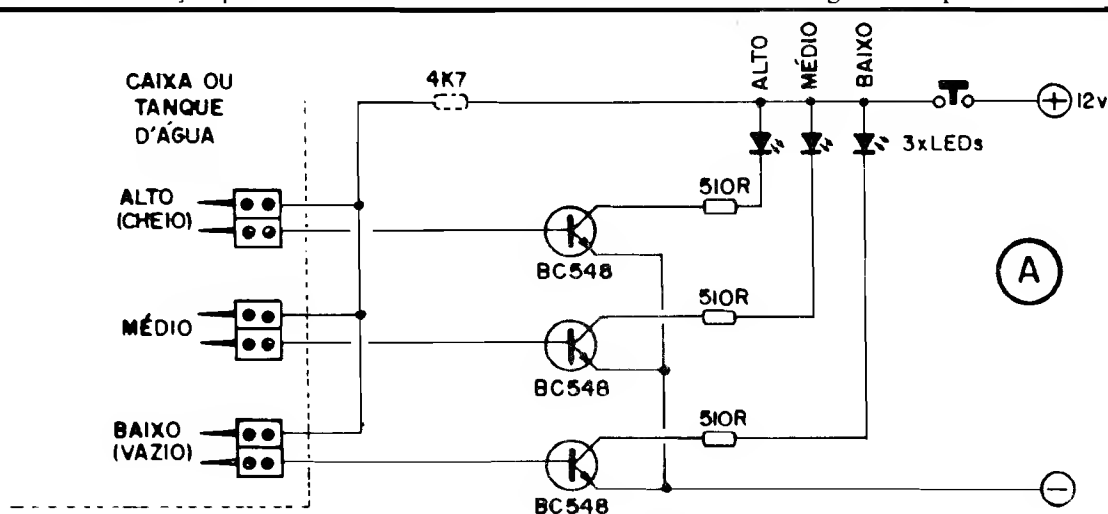
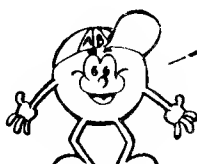
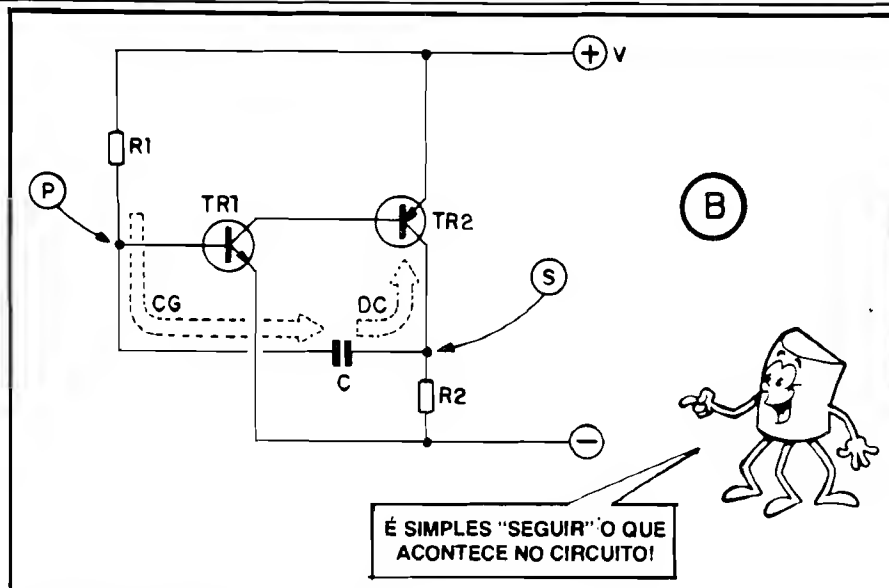
●●●●●

"Estou novamente escrevendo, para mandar um circuito e para dizer que ABC continua ótima... Estou mandando um circuito de indicador de nível d'água para caixas e tanques: três pares de contatos metálicos inoxidáveis devem ser dispostos ao longo da altura do reservatório, situando-se um no fundo, um no meio e um próximo à borda (respectivamente para detecção dos níveis baixo, médio e alto). Os LEDs indicadores (pressionado o ***push-button*** *de alimentação geral) acenderão em conformidade com o nível aproximado da água no reservatório... Com a caixa bem cheia (nível acima do sensor* ***alto****) todos os LEDs acenderão. Com o nível "no fundo" (abaixo do "baixo"...), nenhum LED acenderá... A alimentação poderá ser fornecida por pequena fonte, ligada à C.A. (o consumo é baixo)..." - Ricardo Watanabe - Santo André - SP*

O Ric Watanabe é um dos mais "juramentados" Leitores/"Alunos" do ABC, mantendo um fluxo de cartas, colaborações, idéias, perguntas e sugestões realmente "realmente"! A idéia que ele manda agora é simples, funcional e realmente útil, podendo ser facilmente implementada pelos colegas de "Curso"... Não é nosso costume "mexer" nas idéias e projetinhos enviados pelos Leitores, porém sugerimos a inserção (ver fig. A) daquele resistor (em tracejado) de 4K7, na linha de alimentação **positiva** aos contatos/sensores, unicamente para prevenir danos aos transístores, no caso de um eventual "curto" em qualquer dos pares de contatos metálicos detetores... No mais, a idéia é boa e tudo se resume na perfeita colocação dos três conjuntos sensores ao longo da "altura" do reservatório que se deseja monitorar... Os pinos devem, obrigatoriamente, ser de metal inoxidável e o restante das ligações (que ficarão "dentro" d'água) deve ser todo muito bem isolado (vedante de silicone é uma boa...). Valeu (de novo...) Ric!

●●●●●

"As "Aulas" e "Lições" do ABC me parecem fantasticamente simples, mesmo para mim, que ***nada*** *"manjava" de Eletrônica, antes de começar a adquirir a Revista (sou Leitor/"Aluno" desde o nº 1...)... Realmente, estou conseguindo "pegar" conceitos e conhecimentos que antes imaginava estarem além da minha capacidade de compreensão! Prometo (com uma mão levantada e outra sobre o peito) ser Leitor/"Aluno" assíduo e aplicado, até o fim do "Curso"... Gostei muito de ABC nº 8 onde foram explicadas as bases dos OSCILADORES com transístores! Já consegui perceber a multiplicidade de aplicações* ***reais*** *que esses tipos de circuitos têm, nos aparelhos e dispositivos que a gente usa, no dia-a-dia, sem notar... Só me ficou uma pequena dúvida quanto ao funcionamento dinâmico do oscilador com dois transístores de polaridade oposta (NPN-PNP), conforme mostra o diagrama da fig. 11 - pág. 9 - ABC 8 (parte de TEORIA). Não consegui compreender muito bem* ***como*** *o capacitor C, de realimentação, interage com os demais componentes... Poderiam me dar uma explicação um pouco mais detalhada...?" - Tércio Nogueira - Brasília - DF*

Agradecemos pelas palavras elogiosas e pelo "juramento" de fidelidade, Té! Esteja à vontade para expor suas dúvidas, sempre que surgirem (a Seção de CARTAS está aqui para isso). Quanto ao funcionamento do multivibrador complementar (com transístores NPN-PNP) ele é, na verdade, tão (ou mais...) simples quanto o do multivibrador astável simétrico (com 2 transístores da **mesma** polaridade)! Vejamos: a fig. B traz um diagrama simplificado ao máximo, da

estrutura de um oscilador do tipo citado. Vamos assumir, apenas para ter referências explicativas, que:

- V - Tensão de alimentação em 12V
- TR1 - Transístor NPN, BC548
- TR2 - Transístor PNP, BC558
- C - Capacitor poliéster 10n
- R1 - Resistor de 1M
- R2 - Resistor de 100R

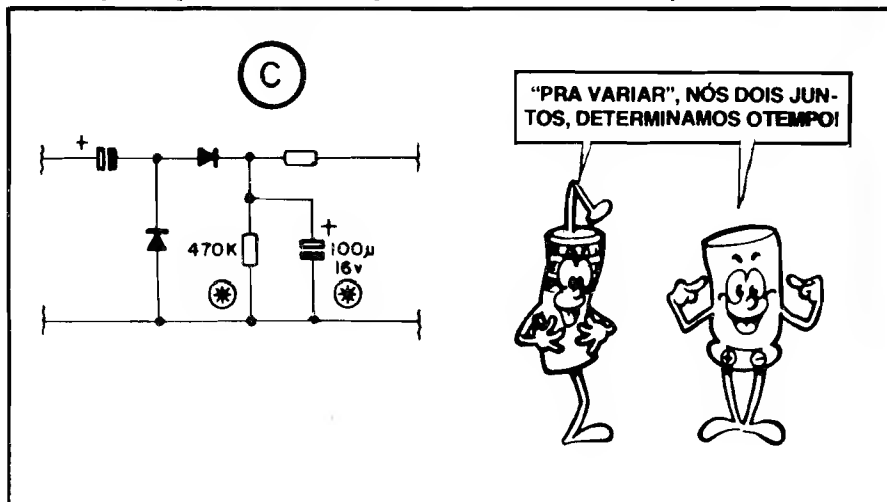
Vamos, então, fazer uma sequência de eventos e explicações, um pouco diferente da oferecida na pág. 9 de ABC nº 8, procurando preencher os pontos que, para Você, ficaram "nebulosos"...

- No início, com a alimentação V desligada, não há Tensão em nenhum ponto do circuito, e o capacitor C está, obviamente, descarregado (Tensão "zero" nas suas placas...).
- Ao ser ligada a alimentação V, num brevíssimo instante inicial, como o capacitor C ainda não "teve tempo" para carregar-se (via R1), a **base** de TR1 "vê" polarização ainda muito próxima de "zero" e, portanto, o BC548 mantém-se desligado. Estando TR1 desligado, TR2 não tem como receber a conveniente polarização **negativa** de **base** (via percurso **coletor/emissor** de TR1), mantendo-se também desligado. Com a Resistência **emissor/coletor** de TR2 elevadíssima (ele está "desligado", nessa fração de Tempo...), considerando que R2 tem um baixo valor ôhmico, a Tensão no ponto S de Saída, está quase "zerada" (valor próximo ao do **negativo** da alimentação...).
- Após um determinado (curto, mas consistente...) Tempo, o capacitor C se carrega (a Corrente de carga representada pela seta CG) via R1 (o Tempo, como sabemos a partir da "Aula" nº 2, depende justamente dos valores de R1 e de C...). Num certo instante, a Tensão depositada sobre C atinge nível suficiente para levar o ponto P a fornecer suficiente polarização de **base** para TR1 "ligar"!
- Quando isso ocorre, a violenta "baixa" na impedância **coletor/emissor** de TR1 proporcionará suficiente Corrente de **base** para "ligar" TR2. Com TR2 "ligado", praticamente ambas as placas do capacitor C ficam colocadas sob idêntico potencial (positivo), ocorrendo então a sua imediata "descarga" (percurso representado pela seta DC...). Nesse curtíssimo momento, com o percurso **emissor/coletor** de TR2 apresentando impedância irrisória (ele está "ligado"...) o ponto S de Saída passa a apresentar um nível de Tensão elevado, praticamente idêntico ao valor de alimentação V.
- O capacitor C, então descarregado, proporciona o total reinício do ciclo completo, com TR1 "desligado" (aguardando a carga sobre C novamente "crescer"), o mesmo ocorrendo com TR2, e assim por diante, passo-a-passo, enquanto permanecer a energia da fonte V aplicada ao circuito.
- Se aplicássemos um VOLTÍMETRO sobre o capacitor C, "leríamos" uma lenta subida na Tensão, com rápida queda em seguida, para novamente surgir um lento incremento, nova queda rápida, e assim por diante... Se trocarmos o capacitor C (10n no primeiro exemplo) por um de elevado valor, para que tudo se dê bastante lentamente (100u, por exemplo...), poderemos até "acompanhar", através do ponteiro ou dos dígitos do VOLTÍMETRO, essa "lenta" subida e rápida descida, configurando um sinal com o "formato" de "dente de serra" (ver fig. 4 - pág. 5 - ABC nº 8).
- Por outro lado, um VOLTÍMETRO aplicado entre o ponto S e a linha do negativo da alimentação, mostrará rápidos pulsos positivos, cada vez que o transístor TR2 "liga", numa configuração ou "desenho" parecido com o mostrado no diagrama B da fig. 5 - pág. 5 - ABC nº 8)...

Acreditamos, Tércio, que agora deu pra Você "pegar" bem esses pontos que não lhe tinham ficado devidamente claros! Procure, para aprimorar o seu raciocínio, imaginar o funcionamento dos **outros** blocos osciladores, em termos da "carga/descarga" dos capacitores envolvidos (já que eles são **sempre**, nos osciladores, elementos fundamentais...).

•••••

"Ficou "um barato" (não em termos de custo...) o BICHINHO ESCUTADOR, referente à 15ª Montagem Prática, mostrada em ABC nº 8, que funcionou direitinho, conforme explicado na "Lição"... Eu queria, porém, aumentar o tempo em que os LEDs permanecem acesos quando o circuito "ouve" o som... Deduzo que posso fazê-lo, aumentando os valores do resistor de 330K e/ou do capacitor de 47u paralelado a esse resistor, mas tenho dúvida quanto aos exatos va-

lores... Podem me instruir para uma temporização entre 10 e 15 segundos...?" - André Luiz Zambom - Campinas - SP.

É fácil, André, já que as ações serão matematicamente "proporcionais" (dobrando valores, dobra o Tempo, reduzindo valores para a metade, o mesmo ocorre com o Tempo, etc.). Você deduziu perfeitamente as modificações a serem feitas (sinal que aproveitou direitinho as "Lições" da importante 2ª "Aula" do ABC...). Observe a fig. C que traz apenas o bloco do circuito BICHINHO ESCUTADOR referente ao setor do **retificador/temporizador** (conforme com a fig. 1 - pág. 42, e fig. 9 - pág. 47, em ABC nº 8), enfatizando-se com os asteriscos os componentes a serem alterados, e seus **novos** valores... Com as grandezas agora indicadas, o Tempo total de acendimento deverá situar-se em torno dos 15 segundos que Você deseja...

•••••

QUEREM TROCAR CORRESPONDÊNCIA

- Ricardo Watanabe - R. Bataclava, 872 - Jardim Sto. Alberto - CEP 09260 - Santo André - SP.

- CLUBE ÔMEGA ELETRÔNICA - Rua Limeira, 324 - CEP 15378 - Ilha Solteira - SP

- JOSÉ EDMIR DE ARAÚJO JUNIOR (Quero formar um Clubinho...) - Rua Estefênia Mendes Mota, 725 - Bairro São Gerardo - CEP 60325 - Fortaleza - CE

•••••

IMPORTANTES INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES SOBRE OS GALVANÔMETROS (MEDIDORES) COMERCIAIS - OS FORMATOS - OS TIPOS DE ESCALAS - O AJUSTE MECÂNICO DO "ZERO" - COMO "DESCOBRIR" PARÂMETROS E CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DE GALVANÔMETROS DESCONHECIDOS, OU OBTIDOS EM "SUCATAS" - COMO PROTEGER OS GALVANÔMETROS CONTRA SOBRECARGAS.

Como vimos na parte Teórica da presente "Aula", todo e qualquer "medidor", de ponteiro (bobina móvel), seja ele para utilização final como AMPERÍMETRO, MILIAMPERÍMETRO, MICROAMPERÍMETRO, VOLTÍMETRO, OHMÍMETRO, etc., é basicamente "feito" a partir de um GALVANÔMETRO, ou seja: um "medidor de Corrente", baseado em fenômenos eletro-magnéticos, mecanicamente "bem aproveitados" para o acionamento de eixos e ponteiros, sob "guias" de molas e encostos, etc.

Dessa maneira, quando o Leitor/"Aluno" precisa desenvolver um medidor "especializado" qualquer, parte sempre de um miliamperímetro ou de um **microamperímetro** comerciais (se **puder** adquirí-los, já que os preços são "salgados"...) ou, eventualmente, de V.U.s "aproveitados" de sucatas ou adquiridos em "ofertas", a baixo preço...

O primeiro ponto a se considerar é "O QUE QUER DIZER **V.U.**?". Essas duas letrinhas abreviam, simplesmente, a expressão inglesa **volume unit** (unidade de volume) e significam que o instrumento não é mais do que um galvanômetro de bobina móvel, comum, porém dotado de uma escala **já calibrada** em **decibéis** ou em qualquer outra escala para mensuração de **sinal de áudio**... O que nos importa, no momento, é saber que aquele "negocinho" é um GALVANÔMETRO, um medidor de Corrente, e que, portanto, **pode** ser adaptado para efetuar "leituras" de Tensões, Resistências ou outras grandezas, pelos **métodos** "indiretos" já descritos - em seus fundamentos - na parte Teórica da presente "Aula".

Um problema, porém, quase sempre se apresenta: os V.U.s muito raramente trazem qualquer indicação de seu real ALCANCE, de sua RESISTÊNCIA INTERNA, e outros dados **importantes** para o perfeito e seguro aproveitamento do instrumento na elaboração de VOLTÍMETROS ou "CORRENTÍMETROS" diversos... O presente TRUQUES & DICAS traz (como o próprio nome da Seção justifica...) valiosos truques e dicas que permitirão diversas "identificações" importantes, além de outros detalhes práticos (também valiosos) sobre os galvanômetros, tanto comerciais, quanto "sucateados", tipo V.U.

São dados práticos e técnicos que o Leitor/"Aluno" **deve** considerar para realmente "ficar esperto" quanto à utilização de medidores "de ponteiro" diversos...

●●●●●

- **FIG. 1** - Mesmo entre os instrumentos comerciais, de qualquer ALCANCE, vários são os formatos e tamanhos disponíveis nas lojas... Na verdade, apenas o tamanho/forma da escala, e as disposições puramente mecânicas de encaixe e fixação (tais galvanômetros são normalmente destinados a colocação "em painel"...) é que determinam as dimensões e o "jeitão" da peça... Os modelos mais comuns são o de mostrador REDONDO e o QUADRADO ou RETANGULAR, ambos ilustra-

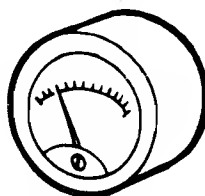
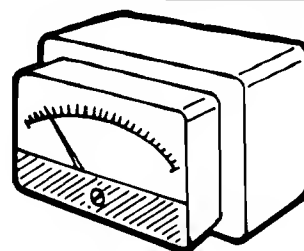



Fig. 1

dos na figura... É sempre bom lembrar que, eletricamente falando, a forma e o tamanho da peça não têm a **menor** importância... Apenas fatores estéticos ou de visualização poderão influir ou recomendar quesitos específicos quanto a tais aspectos...

- **FIG. 2** - No caso dos V.U.s (medidores feitos industrialmente, "sob encomenda", para indicação de "sintonia", volume de Saída em amplificadores, nível de gravação em gravadores, etc.), que tanto podem ser obtidos "virgens", novos, nas lojas (geralmente a preço inferior ao pedido pelos galvanômetros **mesmo**...) quanto conseguidos (também a preços bem mais vantajosos...) em "sucatas" ou "ofertas", os formatos do corpo da peça e da sua própria escala, podem variar ainda mais. Embora existam também os de mostrados mais "taludos", redondo, quadrado ou retangular (ver fig. 1), o mais comum é que apresentem um dos formatos ilustrados, com a escala ou mostrador "alongados", seja no sentido horizontal, seja no vertical... Notem que tais disposições são implementadas industrialmente, com o propósito único de "economizar" espaço nos painéis de aparelhos aos quais o V.U. deva ser acoplado... As marcações nas escalas nem sempre obedecem à esperada linearidade ou proporcionalidade. Algumas vem apenas marcadas com "zonas de cores" ou com símbolos e abreviações meio "esotéricas" (que diziam respeito, diretamente, apenas à função para a qual tinham sido "imaginados"...). Para muitas das aplicações finais que o Leitor/"Aluno" pretenda dar ao instrumento, será mais prático (já que é perfeitamente possível - conforme explicado num segmento da "Lição" Teórica, lá no começo da presente "Aula"...) trocar a escala, ou "apagá-la", re-dividí-la e re-escrevê-la. Um ponto "a favor" dos V.U.s (além da possibilidade de obtê-los a preço menor do que os galvanômetros comerciais "de linha", genéricos...) é que costumam ser instrumentos

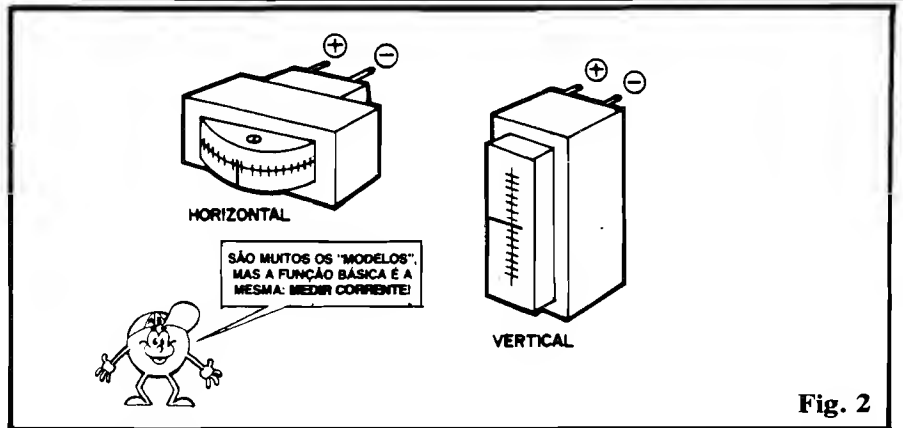



Fig. 2

razoavelmente robustos (mecanicamente falando), já que muitas vezes foram especialmente projetados para trabalhar em aparelhos de uso portátil ou semi-portátil, inerentemente mais sucetíveis de levar "trancos" por aí... Os galvanômetros comerciais, genéricos, são instrumentos basicamente projetados para trabalharem "na bancada", em painéis de aparelhos de medição mais "nobres" e específicos, que normalmente ficam lá, "quietinhos" e são utilizados por pessoa qualificada... Eletricamente, contudo, são tão frágeis quanto qualquer dos galvanômetros (sejam V.U.s, sejam microamperímetros, sejam miliamperímetros, etc.), podendo ser facilmente danificados se "sobrecarregados" em seus limites e parâmetros...

- **FIG. 3** - Um ponto **muito** importante (e que, estranhamente, nunca vimos abordado em Cursos ou Lições **fora** do ABC...) é o que se refere à possibilidade de AJUSTE MECÂNICO da indicação ou posição do ponteiro (isso vale para qualquer galvanôlmetro de bobina móvel...), Vejamos: A estrutura mecânica dos galvanômetros de bobina móvel (ver "Lição" Teórica...) compreende o pivotamento do ponteiro num eixo, além dos "encostos" e retenções de início e fim de escala, mais o sistema de molas que favorece o "retorno" do dito ponteiro à sua posição de repouso (quando nenhuma deflexão está sendo magneticamente induzida, pela passagem de Corrente através da bobininha...). Esse complexo, delicado sistema mecânico **pode** desregular-se com certa facilidade, ou mesmo o próprio ponteiro (devido a algum "abuso" ou sobrecarga momentânea...) pode sofrer um pequeno "entortamento", com o que, em repouso (nenhuma Corrente passando pelo instrumento) o conjunto deixa de indicar "zero"! A "coisa", então, fica como uma balança de armazem descalibrada, daquelas que, não havendo **nada** sobre a respectiva bandeja, mostra

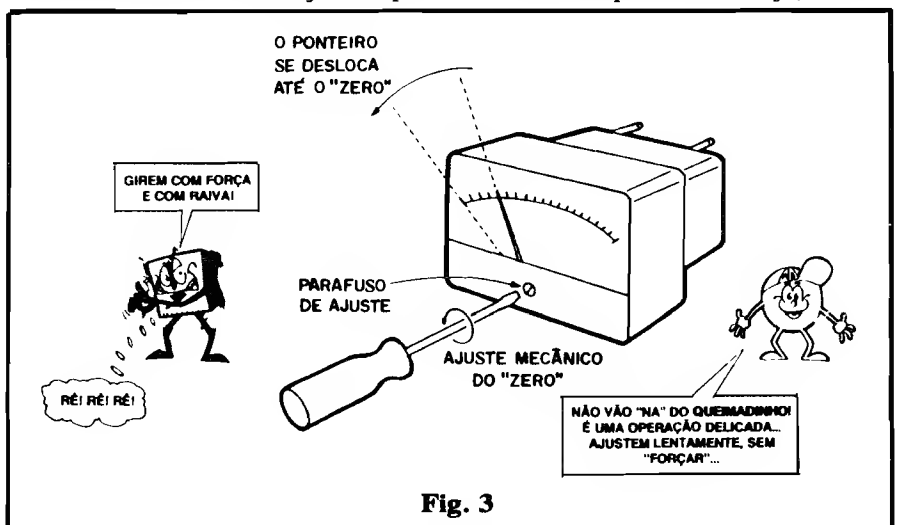



Fig. 3

seu ponteiro indicando "100 gramas"...! Felizmente, todo galvanômetro comercial, de boa qualidade (e mesmo a maioria dos V.U.s, mais baratos...) apresenta um parafuso para ajuste mecânico do "zero", situado sempre **bem sobre o eixo** de pivotamento do ponteiro... A "cabeça" desse parafuso é, normalmente, acessível externamente ao acrílico transparente que recobre a escala/ponteiro, porém, em alguns modelos, para se ter acesso ao dito parafuso, será necessária a remoção da capa transparente (operação que deve ser feita com os devidos cuidados, levando-se **sempre** em conta a fragilidade geral do instrumento...). Então, se o Leitor/"Aluno" tiver em mãos um galvanômetro cujo ponteiro, em repouso, **não está sobre o "zero"** (normalmente o defeito se manifesta por um leve "adiantamento" na posição do ponteiro, mas também, às vezes, num pequeno "atraso"...), não é o caso de se descartar o instrumento, julgando-o inutilizado! Basta **reposicionar** o ponteiro, utilizando para isso uma pequena chave de fenda. Ela deve ser aplicada sobre o tal parafusinho e girada muito lentamente, sem jamais "forçar a barra", exatamente no sentido em que "queremos" ver o ponteiro "andar", de modo a retomar sua correta posição "zero" (se o ponteiro estiver "adiantado", gira-se lentamente e com cuidado, no sentido anti-horário... Se o ponteiro estiver em posição "atrasada", gira-se em sentido horário...). Toda a re-calibração mecânica do instrumento se resume nisso, bastando - enfatizamos - realizar a operação com "mãos de veludo", respeitando as naturais fragilidades do instrumento e da sua caixa.

Eletricamente, quando submetido a C.C., todo e qualquer galvanômetro de bobina móvel (mesmo os "especializados", já modificados para leitura de Tensões ou altas Correntes...) pode ser "visto" como um SIMPLES RESISTOR, cujo valor, inclusive, deve ser conhecido e aplicado em vários dos necessários cálculos de utilização (já vimos isso, lá na parte Teórica...). Assim, vamos lembrar (e fixar bem...) as condições puramente "resistivas" de um instrumento, em suas várias adaptações:

- **FIG. 4-A** - Num miliamperímetro ou microamperímetro (alcances "normais" num instrumento comercial, comprado em loja...), temos, no percurso da Corrente, apenas a bobininha interna. Esta pode - para efeito de Corrente Contínua, Lei de Ohm e o "escambáu", ser considerada como uma SIMPLES RESISTÊNCIA. A Resistência Total (ou Resistência "Interna" do medidor...) será - no caso - igual à própria Resistência da bobininha! Esse valor ôhmico se manifestará entre os terminais de acesso externo (polarizados, lembram-se...?) do galvanômetro.

- **FIG. 4-B** - Já num galvanômetro previamente arranjado para leitura de altas correntes (amperímetro), industrialmente já foi inserido um Resistor de **Shunt** (RS), lá mesmo, "dentro" da caixa do instrumento... Nesse caso, a Resistência Total, que poderá ser medida nos terminais externos do instrumento, corresponde à fórmula:

$$RT = \frac{RS + RL}{RS \;\; RL}$$

A mostrada formuleta não é mais do que um "truque" matemático simples para "resolver" o valor total de dois resistores em paralelo... Qual a validade de se conhecer tal fórmula? No caso do Leitor/"Aluno" obter um amperímetro e, eventualmente, querer "transformá-lo" num medidor de menor ALCANCE (miliamperímetro ou microamperímetro...), será possível (em alguns casos) abrir o instrumento, verificar a presença do tal Resistor **Shunt** (RS), remover cuidadosamente esse componente e pronto... No caso, conhecendo previamente o valor de RT (e obtendo o de RS por medição direta, com um OHMÍMETRO ou MULTÍMETRO...), será fácil "achar" o valor ôhmico de RL (resistência da própria bobininha...), parâmetro **importante** para o eventual re-cálculo de utilização...!

- **FIG. 4-C** - Já se o galvanômetro é industrialmente "dedicado" à medição de Tensão (VOLTÍMETRO, milivoltímetro, etc.), é grande a possibilidade de, "lá dentro", **em série** com a bobini-

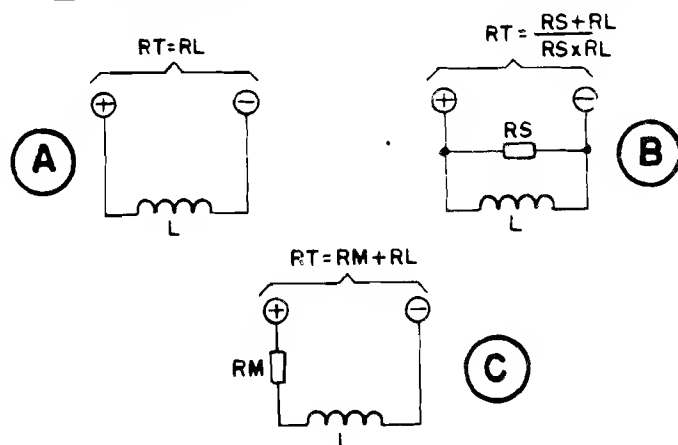



Fig. 4

nha, existir o Resistor Multiplicador (RM). Se quisermos re-estruturar ALCANCES ou aplicações do instrumento, eventualmente será conveniente a pura e simples **remoção** do RM... Deve-se, então, levar em conta que a Resistência Total original do instrumento (enquanto medidor de Tensão...) é composta pela **soma** dos valores ôhmicos de RM e RL ("RL", para quem ainda não "percebeu", é a Resistência da bobininha...). Novamente lembramos que tal informação tem sua validade prática na eventualidade do Leitor/"Aluno" resolver "desadaptar" um galvanômetro originalmente estruturado para funcionar como VOLTÍMETRO, improvisação que exigirá, em alguns casos, a remoção do tal resistor multiplicador (RM)... Com os dados apresentados, será possível calcular não só o ALCANCE da bobina móvel original, quanto à sua resistência RL...

●●●●●

Os galvanômetros comerciais, de boa qualidade e procedência, trazem claramente marcados em suas escalas, tanto o ALCANCE quanto a RESISTÊNCIA INTERNA (da bobina). Para a "leitura" do dado referente ao ALCANCE, as informações, embora óbvias, costumam ser indiretas: se a última "marcação" da escala "disser" 1 e no centro da dita cuja existir a notação "mA", não restam dúvidas de que se trata de um instrumento com fundo de escla em "1 mA"... Outro exemplo: se o "encosto" final do ponteiro tem marcado "100" e no centro (acima ou abaixo do arco com divisões...) existe a notação "uA", parece mais do que óbvio que o ALCANCE do instrumento é de "100uA"... Assim por diante... Já a RESISTÊNCIA INTERNA (quando indicada) costuma ser inscrita num "cantinho" da escala, no geral juntamente com o código de "modelo" do componente...

Ocorre, porém, que em alguns casos (galvanômetros de baixo preço, ou mesmo V.U.s de "sucata"...) simplesmente **não existem** essas importantes definições e indicações! Alguns V.U.s trazem a escala dividida em **decibéis** ou até em simples "zonas de cores"... Outros mostram uma divisão linear - por exemplo - de "1 a 10", porém sem qualquer indicação de ALCANCE (aqueles números, de "1 a 10" podem significar **qualquer** coisa...!). Quanto a RESISTÊNCIA INTERNA, então, nem se fala... Os V.U.s baratos simplesmente não trazem qualquer indicação...

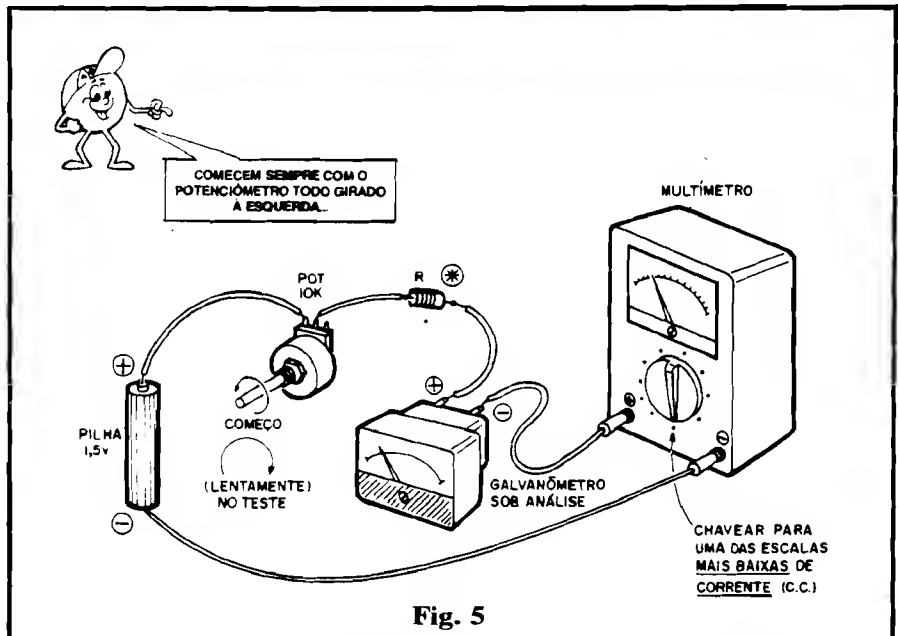



Fig. 5

Como tratam-se de parâmetros IMPORTANTES para o perfeito aproveitamento do instrumento, **temos** que obtê-los antes de qualquer iniciativa ou experimentação com a peça... Em teoria não é difícil obter-se tais dados, porém devemos considerar um ponto: é muito grande a fragilidade elétrica (não só a mecânica...) desses galvanômetros! Assim, se num teste simples, "sem querer", fizermos passar por um instrumento de 100uA (não sabíamos desse parâmetro, antes do teste...), uma Corrente de 1 mA (que é baixíssima, porém **10 vezes maior** do que aquela que o instrumento "aguenta"...), é fatal que a bobininha do galvanômetro "queime"... **Bye, bye** instrumento (já que o conserto da bobininha, apenas possível em oficinas altamente especializadas, provavelmente ficará mais caro do que o próprio galvanômetro...).

Existem, porém, alguns "truques" elementares que nos permitem levantar esses parâmetros sem "forçar a barra", sem sobrecarregar acidentalmente o instrumento! São métodos seguros de medição, descritos e detalhados nas próximas figuras...

- **FIG. 5** - Para determinar - com segurança - o ALCANCE (fundo de escala) de um galvanômetro, usamos a disposição indicada na figura: fechamos um elo circuital a partir de uma única pilha pequena, de 1,5V, em série com um potenciômetro (tipicamente de **10K ou mais**), um resistor fixo (inicialmente aplicamos um de 10K, modificando experimentalmente seu valor - depois - até obter o desejado "comportamento" do conjunto...), o GALVANÔMETRO analisado e um MULTÍMETRO (este chaveado para a função de medição de Corrente Contínua, numa de suas faixas **mais baixas**, tipicamente entre 200uA e alguns mA...). Observem COM ATENÇÃO os seguintes pontos: **polaridades** da pilha, do galvanômetro e das entradas do MULTÍMETRO, terminais usados no potenciômetro e (principalmente) necessidade do eixo do potenciômetro estar, inicialmente, **totalmente** girado para a **esquerda** (sentido anti-horário). A sequência de procedimentos é simples e direta:

- Com tudo ligado e "armado" conforme a figura, inicialmente de-

vem ser observados os mostradores do galvanômetro e do multímetro. Se em um dos dois (ou em ambos...) o ponteiro estiver "batendo" no fundo da escala (totalmente defletido para a direita...), desligar tudo e trocar o resistor R (que - como dissemos - deve ser "iniciado" com 10K...) por um de 22K ou mais, até que o "repouso" do(s) ponteiro(s) situe-se, no máximo, ao centro da escala. Se isso não puder ser obtido, o próprio potenciômetro deve ser trocado por um de maior valor (22K, 47K, etc. - **sempre** inicialmente com o eixo todo para a esquerda...). No multímetro, deve-se procurar um chaveamento que permita leitura clara e confortável... Se a faixa inicialmente escolhida não der bons resultados (o ponteiro "mal sai" do começo da escala...), deve ser procurada uma faixa de medição próxima, mais favorável...

- Tudo condicionado, gira-se **lentamente** o ajuste do potenciômetro, parando tal ajuste exatamente no ponto que determina máxima deflexão no ponteiro do galvanômetro analisado, ou seja: quando o ponteiro atinge **rigorosamente** a última marcação ou divisão da sua escala graduada - nem **antes**, e muito menos **depois**...

- O ALCANCE do instrumento verificado, é lido então - diretamente - no mostrador do MULTÍMETRO! Se este indicar "1mA", o galvanômetro terá esse ALCANCE (1mA)... Se a indicação no multímetro for 200uA, o ALCANCE do instrumento verificado será... 200uA, e assim por diante. Nenhum problema, boa precisão, e total segurança contra danos ao galvanômetro! Obtido esse importante parâmetro, convém deixá-lo marcado sobre o próprio corpo do galvanômetro (uma etiqueta colante, na traseira do componente, servirá direitinho...).

- **FIG. 6** - Um dado de obtenção bem mais "delicada" é a RESISTÊNCIA INTERNA (da bobininha) do galvanômetro. Para tanto, precisamos de tudo o que foi utilizado na avaliação anterior, incluindo o MULTÍMETRO (só que, desta vez, chaveado para a função de ohmímetro, e numa faixa que permita leitura de Resistências relativamente baixas, mais ou menos com a indicação de "1K" correspondendo à região central da escala...). O potenciômetro, no caso, deve "começar" com o valor de 1K (linear) e o resistor fixo R pode, inicialmente, ser de 470R a 1K. Notar que além desses elementos, precisaremos também de um interruptor simples (pode ser a chave H-H ilustrada) com a nítida noção das suas respectivas posições de "ligado-desligado". Vamos à sequência dos procedimentos:

- Inicialmente, ATENÇÃO às polaridades da pilha e do galvanômetro (deixar, por enquanto, o MULTÍMETRO chaveado para OHMÍMETRO, de lado... Será utilizada mais tarde). Manter o eixo do potenciômetro totalmente girado para a **esquerda**, nesses procedimentos iniciais...

- Se, nessa condição inicial de repouso, o ponteiro do galvanômetro já mostrar deflexão forte (do "meio" para o "fim" da sua escala ou mostrador...), dobrar o valor original do potenciômetro e/ou do resistor fixo. A condição ideal é que, na configuração inicial, o ponteiro do galvanômetro estacione próximo ao início da sua escala...

- Muito lentamente, ajusta-se o potenciômetro (girando seu eixo para a **direita**...), até que o ponteiro do galvanômetro analisado mostre deflexão total (**exatamente** sobre o fim da escala, na última marcação ou divisão, nem "antes", nem "depois" dela...). Todas essas operações iniciais devem ser feitas com o interruptor na posição LIGADO...

- Sem mexer em mais nada, DESLIGA-SE o interruptor e, com o MULTÍMETRO na função de OHMÍMETRO, mede-se a Resistência entre os pontos "A" e "B". Anota-se o valor ôhmico obtido.

- Retira-se o MULTÍMETRO, liga-se, novamente, o interruptor, e ajusta-se agora o potenciômetro (sempre muito lentamente...) até obter o ponteiro do galvanômetro **exatamente** no meio da sua escala (50% da deflexão total).

- De novo sem mexer em nada, desliga-se o interruptor e - outra vez - mede-se a resistência entre os pontos "A" e "B", anotando-se o valor ôhmico verificado nessa leitura.

- Subtraindo-se um do outro, os dois valores ôhmicos obtidos (e anotados), correspondentes ao ajuste de "fundo de escala" e "50% da escala", obtemos **dire-**

O MULTÍMETRO (OHMÍMETRO) APENAS PODE SER APLICADO AOS PONTOS "A-B" COM O INTERRUPTOR DESLIGADO!

L — D

POT. 1K LIN.

R

INÍCIO

PILHA 1,5 V

A B

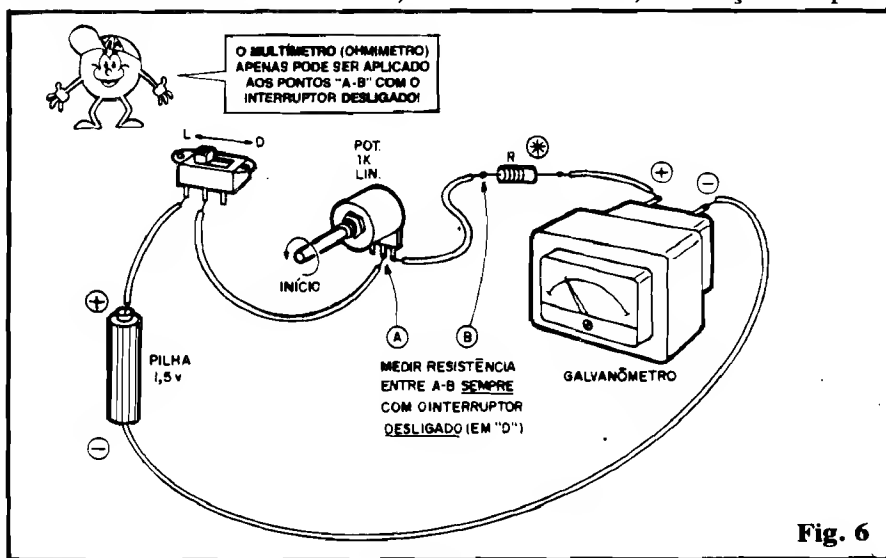
MEDIR RESISTÊNCIA ENTRE A-B SEMPRE COM O INTERRUPTOR DESLIGADO (EM "D")

GALVANÔMETRO

Fig. 6

tamente o valor da RESISTÊNCIA INTERNA do galvanômetro! É conveniente marcar-se tal valor naquela mesma etiqueta que grudamos na traseira do instrumento, e onde já anotamos o ALCANCE, obtido na verificação descrita anteriormente...

São, portanto, duas sequências um pouquinho trabalhosas, mas que valem a pena, em termos "do que" ficamos conhecendo sobre o instrumento em questão... Obtemos, assim, de forma segura, parâmetros precisos (e preciosos...) sobre o galvanômetro, que serão utilizados nos eventuais cálculos de aplicação do componente!

Alguém aí perguntará: "Não é mais fácil simplesmente usar-se o MULTÍMETRO, de forma direta, para "ler" a Resistência do galvanômetro numa única medição...?". É sim... Só que tem um "porém": os MULTÍMETROS, na função de OHMÍMETRO, colocam no percurso suas pilhas internas que, nas faixas de baixa Resistência, imprimem considerável Corrente através das pontas de prova... Basta que tal Corrente "de trabalho" do MULTÍMETRO corresponda ao dobro, ou mais, do ALCANCE original do galvanômetro analisado, para que a bobininha deste corra o risco de "queimar-se" (ou, se a dita bobininha "sobreviver", ocasionar um irreversível "entortamento" no ponteiro do galvanômetro, por sobrecarga mecânica...)!

●●●●●

- **FIG. 7** - Um "truque" muito utilizado pelos projetistas de circuitos, na intenção de proteger os delicados medidores de bobina móvel contra excessos ou sobrecargas acidentais, é o mostrado no diagrama: simplesmente dois diodos comuns (podem ser 1N4148) "um pra lá e um pra cá", curto-circuitando os terminais do galvanômetro! Essa proteção pode (e **deve**, em muitos casos...) ser aplicada, a galvanômetros de baixo ALCANCE (tipicamente com fundos de escala até 1mA...) que são - por óbvias razões - os mais

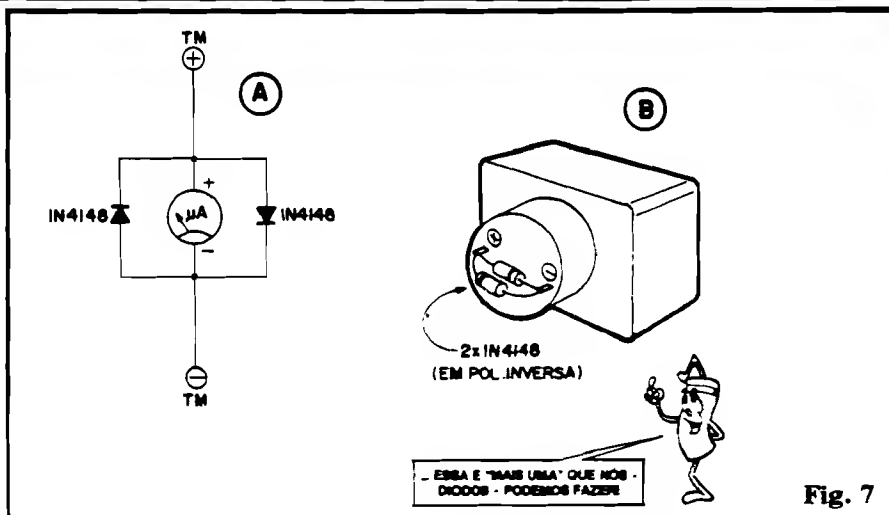
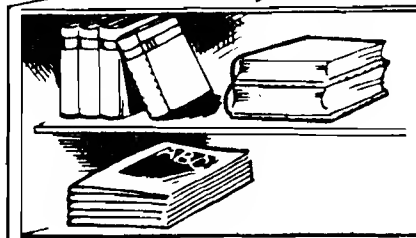



Fig. 7

delicados, eletricamente falando... Vejamos como (e por que) a "coisa" funciona: conforme vimos na "Lição" específica sobre os diodos (na "Aula" nº 3 do ABC...) esses componentes, formados por junções semicondutoras simples P-N, estabelecem uma "barreira de potencial", um "degrau de Tensão", inevitável, que nos diodos de silício situa-se quase sempre em torno de 0,6 a 0,7V. Além disso, é óbvio que não podemos nos esquecer que os diodos apenas permitem a livre passagem da Corrente **num** sentido, bloqueando-a no outro... A partir desses dois dados, uma análise lúcida do diagrama 7-A nos mostra a efetiva proteção dada pelo par de diodos ao galvanômetro! Inicialmente vamos supor que os terminais de medição (TM) seja aplicada Corrente/Tensão, porém em polarização **inversa** à requerida pelo instrumento... Nesse caso, o diodo da **esquerda** ficará diretamente polarizado, desviando o "grosso" da Corrente e prevenindo um provável "entortamento" do ponteiro do instrumento (que tenderia a defletir "ao contrário", forçando seu "encosto" ou batente de início de escala...). Comprovada a eficácia contra inversões de polaridade, vejamos uma segunda hipótese: a ser aplicada aos terminais de medição (TM) uma Tensão **muito** alta (que, pela velha Lei de Ohm, forçaria através do galvanômetro uma intensa Corrente, suficiente para a "queima" instantânea da bobininha interna...). Nesse caso, o diodo da **direita** determina que enquanto a Tensão externamente aplicada estiver em parâmetro igual ou inferior a 0,6 ou 0,7V, o galvanômetro assume a condição de "caminho natural" para a Corrente gerada (essas Tensões são suficientemente baixas para **não** induzir Correntes capazes de danificar o instrumento, ainda que ultrapassem moderadamente seu ALCANCE...). Quando, porém a Tensão aplicada aos TM **superar** o "degrau" natural do diodo (0,6 a 0,7V), este "libera geral", conduzindo plenamente, e desviando assim o "grosso" da Corrente, preservando a integridade da bobininha interna do instrumento! Trata-se, portanto, de uma configuração prática e efetiva (cujo diagrama em "vista real" está na fig. 7-B) e que - como foi dito - pode significar a "vida ou a morte" para galvanômetros sensíveis (até 1mA, tipicamente) em aplicações onde **possam** ocorrer transientes ou sobrecargas momentâneas! Notem que as demais funções e parâmetros do instrumento permanecem inalteradas, já que os diodos apenas "interferem" quando solicitados (ou pela sobrecarga de Tensão/Corrente, ou pela acidental inversão de polaridade...). Para os níveis de energia (minúsculos) normalmente manipulados pelo galvanômetro, tudo se passa como se os diodos "não estivessem" lá...

●●●●●

Como escolher um multímetro

O QUE DEVE SER CONSIDERADO, NA COMPRA DE UM MULTITESTE - QUE IMPORTÂNCIA TEM (AGORA, DURANTE O APRENDIZADO, E NO FUTURO, NUMA EVENTUAL APLICAÇÃO "PROFISSIONAL"...) OS PARÂMETROS E CARACTERÍSTICAS DE UM MULTÍMETRO - AS FAIXAS - AS ESCALAS - A SENSIBILIDADE - OS CUIDADOS.

Depois de ferro de soldar, alicates de bico e corte, chaves de fenda e outras "quinquilharias" básicas, o próximo e inevitável passo de qualquer interessado em aprender, praticar ou trabalhar com Eletrônica - em termos de equipamento de bancada - é a aquisição de um MULTÍMETRO (também chamado de MULTI-TESTE...).

Ao longo das "Aulas" e "Lições" do ABC, o Leitor/"Aluno" se depara, frequentemente, com expressões do gênero: "a Tensão em tal ponto deve ser superior a 0,5V" ou "a Corrente, através do LED, não deve ultrapassar 20mA", ou então "a Resistência total do conjunto ficará em torno de 100K", coisas assim... Notem que, em Eletro-Eletrônica, colocações desse gênero são absolutamente inevitáveis, já que todas as eventuais análises estáticas ou dinâmicas de componentes, arranjos e circuitos giram em torno dessas três principais grandezas elétricas: a CORRENTE, a TENSÃO e a RESISTÊNCIA! Na parte Teórica da presente "Aula", vimos como a partir do "medidor universal", que é o GALVANÔMETRO, podemos facilmente "fazer" instrumentos dedicados, especializados na "leitura" e medição não só da CORRENTE, mas também da TENSÃO e da RESISTÊNCIA... Cada um desses medidores dedicados, contudo, exige um diferente arranjo de componentes externos, geralmente resistores, mas também acontecendo a presença de diodos e capacitores, nos instrumentos transformados para medir C.A. (ou Tensão Alternada...).

Toda a lógica (além da economia...) leva à "cordensação" desses três medidores básicos num só aparelho, no qual um único galvanômetro, através de habilidoso e específico conjunto de chaves e componentes "de apoio", pode ser opcionalmente usado para medir TENSÃO **ou** CORRENTE **ou** RESISTÊNCIA... Esse versátil instrumento é - justamente - o MULTÍMETRO (antigamente chamavam de "VOLT-OHM-MILIAMPERÍMETRO"... Aliás, por ser um "companheiro" constante de toda pessoa que lida com Eletro-Eletrônica, o MULTÍMETRO é o instrumento/ferramenta de bancada que mais "apelidos" tem...).

Então, já que o Leitor/"Aluno" **tem**, mais cedo ou mais tarde, que adquirir um MULTÍMETRO, vejamos alguns pontos importantes a considerar e a conhecer:

●●●●●

O PRIMEIRO "GALHO": O PREÇO!

Salvo "um par" de graduados, locupletadores, corruptos e magnatas, etc. (nos dias de semana, praticamente **todos** eles podem ser encontrados num raio de 5 quilômetros, no **centro** de uma cidade **central** desse nosso imenso País - todos Vocês **sabem** o "endereço"...), ninguém por aqui "vaza dinheiro"... Um MULTÍMETRO **não é** um aparelho barato (no momento em que as presentes linhas estão sendo redigidas, a faixa de preços situa-se - para multímetros normais - entre 1/3 e 1 1/2 de Salário Mínimo...) e assim devemos computar direitinho todos os **prós** e **contras**, antes de definitivamente "encostarmos o umbigo" no balcão da loja e... "morrer com a grana"...

Embora para o iniciante seja incongruente adquirir, logo "de cara", um instrumento dos mais caros e sofisticados, é sempre bom considerar que um multímetro deve ser interpretado como "**tão definitivo quanto possível**", ou seja: deve ser adquirido um que vá, realmente, prestar serviços válidos por um **longo** período, fator que envolve não só a QUALIDADE do instrumento, quanto suas CARACTERÍSTISCAS e parâmetros (que permitam a sua aplicação em trabalhos e estudos mais "avançados", no futuro...).

Como inevitavelmente o PREÇO está proporcionalmente vinculado à QUALIDADE e à "largueza" das CARACTERÍSTICAS e parâmetros, o conselho óbvio é que **não convém**, mesmo como seu "primeiro instrumento", comprar um **muito** baratinho (às custas de qualidade e características/parâmetros **muito** modestos...)! Logo, no futuro, o Leitor/"Aluno" notará que começam a aparecer "coisas que aquele multimetrozinho **não pode** fazer corretamente, ou medições que ele **não pode** realizar..."...

Então, salvo se a condição financeira for **absolutamente periclitante**, é melhor, como primeiro MULTÍMETRO, procurar adquirir um instrumento "médio" (ainda que não esteja no "piso" da faixa de preços...). Se não tiver jeito **mesmo**, "vão que vão"! **Podem** comprar um dos mais baratinhos (que servirá, perfeitamente, para os estágios iniciais da vida Eletrônica do Leitor/"Aluno"...), mas estejam conscientes que, "um belo dia", **terão** que substituí-lo por um modelo pelo menos um pouco mais sofis-

ticado (ainda que sem "luxos"...).

●●●●●

UM PARAMETRO IMPORTANTE: AS FAIXAS DE MEDIÇÃO!

Todo e qualquer MULTÍMETRO (seja analógico, "de ponteiro", ou digital "com **display** numérico"), **deve** incorporar algumas facilidades e controles básicos (se o que **não será** um real **MULTÍMETRO**...):

- Seletor da faixa de Tensão a ser medida
- Seletor à faixa de Corrente a ser medida
- Seletor das escalas ou alcances para medida de Resistência
- Chaveamento para medição opcional de Corrente Contínua ou Corrente Alternada (ou Tensão Contínua/Tensão Alternada).
- Potenciômetro para ajuste do "zero", na função OHMÍMETRO (os MULTÍMETROS **digitais**, mais modernos, têm "zero automático", prescindindo, portanto, de tal controle...).

São vários os métodos adotados pelos fabricantes, para implementar tais chaveamentos: comutadores rotativos (tipo "chave de ondas", conjuntos de interruptores de pressão (**push-buttons**) em linha "auto-travante" (parecido com os seletores de canais dos televisores "digitais"...) ou mesmo "um monte" de bornes (jaques), cada um com função específica, para o devido "enfiamento" dos **plugues** dos cabos de medição... Em qualquer caso, apenas uma análise visual cuidadosa da "cara" do MULTÍMETRO, já bastará para verificar o **tipo** de chaveamento, a **quantidade** de faixas, e os **alcances** de cada faixa!

A fig. 1 traz um diagrama **standartizado**, que com pequenas variações, aparece na grande maioria dos MULTÍMETROS analógicos de preço médio (o diagrama serve como "base visual" para o Leitor/"Aluno" que nunca antes "prestou atenção" ao assunto...). Não mais do que um **único** comutador rotativo ("chave de ondas") que, através de um hábil arranjo interno, perfaz **todas** as funções de chaveamento necessárias e enumeradas aí atrás!

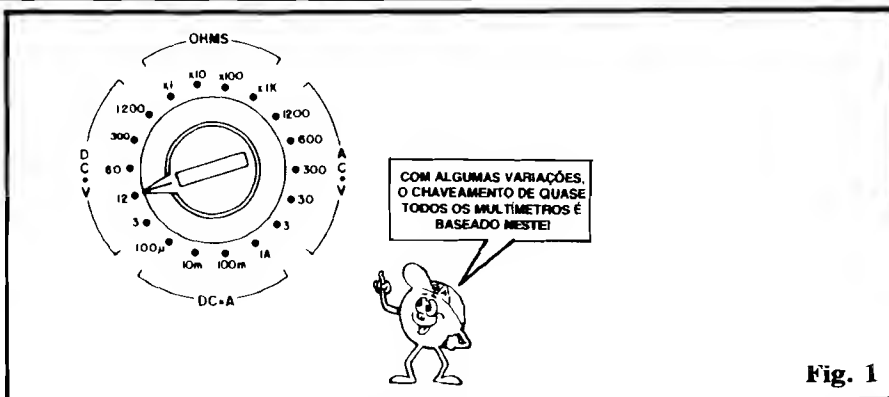



Fig. 1

Com um mínimo de atenção, dá para notar que são **quatro** as grandezas "medíveis":

- RESISTÊNCIA ("OHMS", ao alto...)
- CORRENTE contínua ("DC-A", em baixo...)
- TENSÃO contínua ("DC-V", à esquerda...)
- TENSÃO alternada ("AC-V", à direita...)

As expressões "DC" e "AC" correspondem, respectivamente, às iniciais, em inglês de "Corrente Contínua" e "Corrente Alternada"...

Outra coisa que deve ser notada de imediato é que cada uma dessas quatro grandezas pode ser chaveada em várias escalas ou ALCANCES! Num exemplo, as escalas para medição de TENSÃO contínua (esquerda do quadrante...) permitem faixas com "fundo" ou alcance de 3V - 12V - 60V - 300V - 1200V... Na verdade, o principal ponto a se considerar é:

- QUANTO **MAIS FAIXAS** OU "ALCANCES" PUDEREM SER CHAVEADOS, PARA CADA GRANDEZA A SER MEDIDA, **MELHOR** SERÁ O INSTRUMENTO (nos seus aspectos **práticos** de bancada).

Explicando: MULTÍMETROS (analógicos) dos mais baratinhos, que apresentem apenas 3 (ou menos...) faixas de medição por grandeza, são de uso prático **muito restrito** numa bancada! Supondo, quanto à Tensão Contínua, faixas com alcances de apenas 3V - 200V - 1000V, se na avaliação de uma Fonte de Alimentação de 12V nominais, utilizarmos a **primeira** faixa (3V), o instrumento será danificado; se utilizarmos a **segunda** faixa (200V), o ponteiro "mal se mexerá", com a indicação linear de 12V correspondendo a pouco mais de 5% do arco total da escala (fica "difícil" de ler o valor ou a marcação/divisão indicada pelo ponteiro...)! Seria ideal que houvesse uma faixa intermediária (entre a de 3V e a de 200V), de preferência com "fundo" em torno de 50V ou 60V, de modo que uma indicação de "12V" pudesse situar-se em ponto mais "confortável", para a leitura e avaliação, na escala!

Notem que nos MULTÍMETROS digitais (com display numérico), esse problema fica bastante reduzido, já que podemos "ler" diretamente o **valor numérico** da grandeza medida, inclusive com o conforto da "vírgula" ou "ponto" automáticos! Assim, em MULTITESTES digitais, mesmo apenas 2 ou 3 faixas por grandeza podem bastar, O QUE **NÃO** OCORRE NUM INSTRUMENTO ANALÓGICO! Lembrem-se **sempre** desse detalhe, ao programar a aquisição do "primeiro" MULTÍMETRO...

●●●●●

O "FUNDO DE ESCALA" DA MENOR FAIXA..

Toda e qualquer ferramenta ou instrumento de bancada deve **adequar-se às necessidades**! Pode parecer uma obviedade tão grande, que nem precisaria ser mencionada, no entanto, não é incomum ver-se

principiantes tentando - por exemplo - fazer os furinhos numa plaquinha de Circuito Impresso com uma "baita" furadeira elétrica", daquelas de furar parede! A "meleca" final é inevitável, nesse exemplo radical de inadequação...!

Da mesma forma, quanto ao MULTÍMETRO, se a grande maioria dos circuitos, projetos e estudos que o Leitor/"Aluno" vai fazer, envolve circuitos alimentados por baixas tensões (tipicamente entre 3 e 12V...), e levando-se em conta que "dentro" dos circuitos (devido às divisões e distribuições naturais das "voltagens"...), tensões **ainda menores** se verificam, NÃO SERÁ DE VALIDADE PRÁTICA um instrumento cuja "menor" faixa de medição de Tensão Contínua mostre um "fundo" de 30V ou 50V! Simplesmente, no caso, a queda de Tensão de um diodo, ou a diferença de potencial - por exemplo - entre o terminal de **base** e o de **emissor** num transístor bipolar comum, não tem como serem medidas, já que a sua escala, geralmente **menor do que 1 volt**, "nem tirará o ponteiro do zero", num MULTÍMETRO analógico!

Assim, é sempre conveniente que pelo menos a faixa **mais baixa** (exemplificamos para a Tensão Contínua, mas - na prática - isso vale para as outras grandezas "medíveis"...) seja, realmente, de alcance pouca coisa **maior** do que as Tensões a serem verificadas!

Notem que tal aspecto vale **também** para os MULTÍMETROS digitais (a despeito da mais "confortável" indicação numérica direta...). Vejamos: um típico MULTÍMETRO digital, chaveado para "ler" Tensões Contínuas, numa faixa com alcance de 20V, terá seu **display**, "em repouso" (sob "zero" volt...), assim (já com a "vírgula automática"):

"00.00"

No caso, indicações **inferiores** a "1V", apenas poderão "usar" os dois últimos dígitos (depois da "vírgula". Assim, uma Tensão de **um décimo de volt** determinará um **display** de:

"00.10"

Com o "não aproveitamento" de grande parte do **display**! Já se o instrumento tiver sua **menor** faixa de Tensão Contínua em 2V, o **display** partirá da seguinte disposição:

"0.000"

Na qual a indicação do (exemplo dado) **um décimo de volt** será dada assim:

"0.100"

Uma notação numérica "mais centrada", em termos decimais, e portanto melhor aproveitando o **display** e tornando a leitura, interpretação, mais confortáveis (Isso sem falar nos valores fracionários da grandeza mostrada! Imaginem como o **display** mostraria, no primeiro exemplo dado, o valor de "cento e trinta e cinco milésimos de volt"!).

O ALCANCE DA FAIXA MAIS ALTA TAMBÉM TEM IMPORTÂNCIA...

Agora vamos para a "outra ponta" do problema... Se o tipo de aparelhos ou circuitos com os quais o usuário lidará, costumeiramente, envolve componentes ou blocos que trabalhem sob Tensões na casa das **centenas de volts** (alguns maquinários industriais, equipamentos com Tubos de Raios Catódicos - como TVs, e aplicações ligadas diretamente à C.A. domiciliar ou industrial...), é óbvio que a faixa **mais alta** de Tensões "medíveis" pelo instrumento deve **abranger** tais valores! No caso, um MULTÍMETRO cuja "última" faixa de Tensão (Contínua ou Alternada) tenha um "fundo" em 500V será, em várias ocasiões, insuficiente para os alcances requeridos!

No caso, um "topo" de escala, em Tensão, de 1000 ou 2000V se mostrará necessário! Analisem então, também "por aí", a parametragem do instrumento, no momento da compra...

●●●●●

A SENSIBILIDADE (OS "OHMS POR VOLT"...)

Outro parâmetro ou característica **importante** dos MULTÍMETROS, e que **deve** ser levado em conta pelo adquirente (principalmente se tratar-se do seu **primeiro** instrumento...) e a SENSIBILIDADE (chamada pelos técnicos de "relação OHMS/VOLT"). A análise puramente técnica desse parâmetro é assunto para as "Lições" teóricas (que devem ser consultadas pelos Leitores/"Alunos"...). Para o "espírito" do ARQUIVO TÉCNICO, é válido informar que a SENSIBILIDADE, numericamente indicada em "OHMS POR VOLT", é a característica que determina **quanto** o próprio instrumento (multímetro) "rouba" de Corrente dos pontos submetidos à medição e - por consequência - (a Lei de Ohm **nunca** deixa de "espreitar" de influir...) **quanto** o MULTÍMETRO "derruba" a Tensão medida!

O que interessa saber, agora, é que QUANTO MAIOR A **SENSIBILIDADE**, MELHOR... Isso quer dizer que quanto mais alto for o "número" de **OHMS POR VOLT** do multímetro, **menos** ele interferirá ou "modificará" a própria grandeza (notadamente Corrente ou Tensão) que estará sendo medida! Esse assunto envolve as naturais **impedâncias** (Resistências intrínsecas) dos componentes, arranjos e circuitos a serem verificados... Como a maioria dos circuitos com semicondutores (transístores e seus "companheiros"...) formam blocos eletricamente de Resistência baixa ou moderada, convém que o MULTÍMETRO que os vá analisar tenha uma **impedância** (representada pelo "número" de OHMS/VOLT...) bem mais elevada do que a verificada nos tais componentes ou circuitos...

A fig. 2 mostra **onde** costuma estar indicada essa relação de OHMS/VOLT (correspondente à SENSIBILIDADE do instrumento) nas escalas ou mostrados dos multímetros analógicos (falaremos sobre os digitais mais adiante...). Quase sempre, na própria escala do instrumento, em algum "cantinho", tal parâmetro é indicado pelos (bons...) fabricantes... Observem que o "número" da SENSIBILIDADE é - normalmente - **diferente** para Tensões ou Correntes Contí-

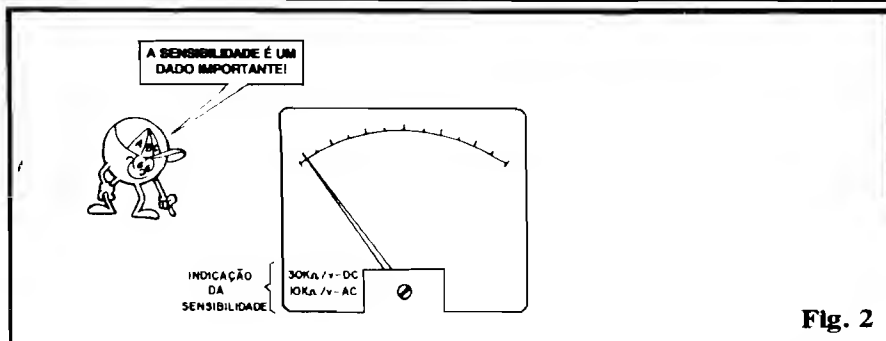



Fig. 2

nuas (DC) e Alternadas (AC). Para as necessidades do Leitor/"Aluno" (tanto **agora**, durante o "Curso", quanto no futuro...), convém que as SENSIBILIDADES **mínimas** situem-se nos seguintes limites:

- Para Tensões e Correntes CONTÍNUAS - 20K ohms/volt
- Para Tensões e Correntes ALTERNADAS - 10K ohms/volt

Isso quer dizer que qualquer MULTÍMETRO que apresente sensibilidade **menor** do que 20K Ω /V (contínua) e 10K Ω /V (alternada) **poderá** gerar medições com substancial **erro**, se aplicado na maioria dos circuitos transistorizados comuns. Esse é, portanto, outro ponto **IMPORTANTE** a considerar, no momento da compra do "primeiro" MULTÍMETRO...

●●●●●

O "NÓ" DA QUESTÃO: A ASISTÊNCIA TÉCNICA E A GARANTIA...

"Coisinhas" que muita gente não leva em conta, mas que são também **importantes**: a ASSISTÊNCIA TÉCNICA e a GARANTIA. Embora atualmente possam ser encontrados no varejo "paralelo" ou no "comércio informal" (como preferem chamar os babacas que ditam as regras econômicas...), MULTÍMETROS até sofisticados, digitais, cheios de "mumunhas", a preços altamente convidativos (isso porque entraram no País por canais não regulares...), não é "uma boa" a aquisição desses itens, justamente porque quando eventualmente for necessária uma Assistência Técnica, um reparo ou substituição de componentes "chave", o pobre comprador "ficará na mão" (qualquer dia explicaremos a origem **exata** do termo "ficar na mão", para aqueles que ainda não intuiram...). **Garantia**, então, nem se fala!

Por tais motivos, prefiram adquirir instrumentos de f**abricação nacional**, ou "nacionalizados" (montados no Brasil, por Concessionárias autorizadas de importantes fabricantes do Exterior...) e - **sempre** - em Lojas, ou mesmo via **marketing** Postal, porém de fornecedores conhecidos, estabelecidos, com "nome a zelar"... Mesmo que isso represente um custo um pouco maior, oferecerá, em contrapartida, possibilidades concretas de **garantia** (no caso de defeito industrial a Loja ou fornecedor encaminhará, junto ao fabricante, a troca do MULTÍMETRO...) e de futura **Assistência Técnica** (que, mesmo depois da **garantia** "vencida", possibilitará a manutenção do aparelho por quem entende dele, e por quem possui os necessários componentes de reposição...).

●●●●●

OS CUIDADOS COM O INSTRUMENTO

Os "antigos" VOLT-OHM-MILIAMPERÍMETROS (nome que davam ao MULTÍMETRO no "tempo da válvula"...) eram robustíssimos, com caixas pesadas e fortes de baquelite, metal ou madeira revestida. Se, eventualmente, caíssem sobre uma bancada, quebrariam... a bancada! Atualmente, o exagero dirigiu-se para o extremo oposto: caixinhas fragilíssimas, de plástico fino, coberturas das escalas ou **displays** com janelas de acrílico transparente que mais parecem uma folha de celofane, **bornes** (jaques) pequeninos, frouxos, **plugues** dos cabos de prova e medição também finos, pequenos e "fraquinhos", essas coisas... São, também, **pontos a considerar** quando da aquisição, já que um instrumento desses deve (dissemos no início do presente "ARQUIVO"...) ser - pelo menos - **durável**! Pelas próprias características de uso, um MULTÍMETRO "anda", daqui pra lá e de lá pra cá, numa bancada, estando sempre sujeito a "tombamentos" e algumas pancadinhas...

Obviamente que o aparelho deve ser tratado e usado com mínimos cuidados "físicos", porém é sempre válido optar-se por um modelo que mostre alguma estrutura, caixa não muito frágil, escala e "janela" de leitura bem protegidas, etc.

Para prevenir acidentes, a posição natural de um MULTÍMETRO deverá sempre ser a... DEITADA! Embora as caixas (geralmente na forma de um prisma retangular...) quase sempre possam repousar "em pé", essa não é uma "postura" adequada, já que qualquer "puxãozinho" nos cabos de medição, ou mesmo um leve esbarrão, poderá derrubar o instrumento (e os danos serão diretamente proporcionais à fragilidade física do multímetro...).

No que diz respeito aos instrumentos analógicos, então, a posição **deitada** é quase que obrigatória, para evitar erros de **paralaxe** (erro angular de visualização da posição do ponteiro, com relação à escala graduada, abaixo dele...). Uma opção válida é estabelecer-se uma espécie de suporte inclinado, bem fixado no **fundo** da bancada (de modo a facilitar a visualização e - ao mesmo tempo - proteger e abrigar o instrumento). Já nos multímetros digitais (modernamente **todos** com **displays** em cristal líquido...) a posição **deitada** facilitará a leitura por qualquer que seja o ângulo de observação (o que não ocorre forçosamente, na posição "em pé")...

Qualquer que seja a circunstância, na bancada, o MULTÍMETRO deve ficar fisicamente "travado", de modo que um acidental "puxão" nos cabos de medição **não possa** derrubar o "bi-

cho" no chão (no máximo teremos um cabo rompido, ou um **plugue** arrancado - prejuízos bem **menores** do que um multiteste em "vista explodida...").

●●●●●

E TEM MAIS... (NA PRÓXIMA "AULA")

Tem ainda outros importantes "macetes" técnicos (mais a respeito da utilização do que - propriamente - referentes aos cuidados na aquisição...) e práticos que - como não "cabem" no presente ARQUIVO - serão abordados aqui mesmo, na próxima ABC.

O assunto é extenso e sua validade prática (para toda a "vida" Eletrônica do Leitor/"Aluno"...) muito grande, merecendo a divisão em duas "Aulas" (mais um importante motivo para que ninguém perca a próxima ABC...).

●●●●●

PRÁTICA 23

(23ª MONTAGEM PRÁTICA)

METRALHADORA ELETRÔNICA

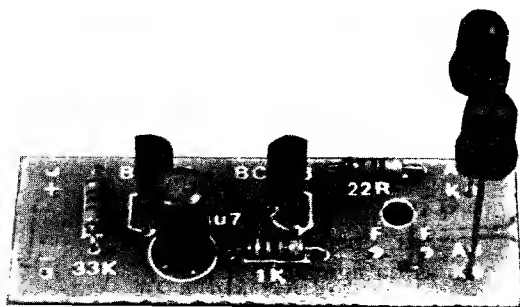
UMA METRALHADORA ELETRÔNICA (BRINQUEDO PARA OS PEQUENOS) E UM DETETOR DE MENTIRAS (PARA DESMASCARAR OS "MARMANJOS"...) SÃO AS DUAS GOSTOSAS MONTAGENS DA PRESENTE "LIÇÃO" PRÁTICA! CIRCUITOS SIMPLES, BARATOS, FÁCEIS DE MONTAR E USAR, PARA O LEITOR/"ALUNO" PRATICAR E "FAZER VALER" O QUE JÁ APRENDEU NO NOSSO "CURSO"

Sem muita "história" (o "lid" aí em cima já diz tudo...), são mesmo duas montagens **gostosas**, ambas de custo baixo e bastante interessantes, como sempre aplicando - na prática - vários dos conceitos teóricos **já vistos** nas "Aulas" (já que esse é o fundamento e a razão da Seção PRÁTICA do ABC...).

Como Vocês já "ficaram espertos" (nem podia ser de outra forma, após **um ano** de "Aulas"...), vamos, daqui pra frente, sintetizar mais as explicações e textos referentes às montagens (mas nunca deixando de informar o necessário, com os devidos detalhes...), indo ainda mais diretamente aos pontos, referenciando as explicações quase que somente através das claras ilustrações e diagramas...

Detalhes outros, sobre os componentes, suas identificações, leituras de valores, cuidados específicos quanto às técnicas de montagem, etc., terão que eventualmente ser "buscados" pelos "Alunos" nas imprescindíveis "Aulas" anteriores... Temos dito - e - reafirmaremos: não se pode ser leitor de um exemplar ou outro, do ABC! Ou "mergulha de cabeça", participando assídua e fielmente do sequenciamento do nosso "Curso", ou ficará, inevitavelmente, "boiando"... Para os "Alunos" que "chegaram juntos", começando "do começo", nada mais fácil e natural... Entretanto, para que os recém-"chegantes" também tenham iguais chances de bem desenvolver seus conhecimentos, recomendamos que - com urgência - providenciem a aquisição dos Exemplares/"Aula" anteriores, obrigatoriamente **desde** o **número** 1, já que sem uma completa coleção de "Aulas" não haverá "jeito" de entrar no rítmo.

•••••

- **FIG. 1** - "Esquema" do circuito. O módulo constitui apenas o "coração" de um autêntico e moderno brinquedo eletrônico (a casca da "coisa" deverá ser feita, improvisada ou adaptada pelo Leitor/"Aluno" - detalhes no decorrer do presente artigo...) que, ao ser acionado através de um "gatilho" (eletricamente representado por um simples interruptor de pressão - **push-button**), emite um som muito parecido com o de uma metralhadora ("TÁ...TÁ... TÁ...TÁ...") sincronizado com efeitos luminosos que simulam a emissão de "fogo" ou "raios de energia", tão ao gosto da garotada da era televisiva! O módulo eletrônico, em sí, foi implementado sobre um **lay out** específico de Circuito Impresso, bem pequeno, de modo que será fácil o seu "embutimento", mesmo numa arma de brinquedo, de baixo custo, que possa ser "aberta". A alimentação (versátil) pode situar-se entre 6 a 9V, proveniente de pilhas pequenas (4 ou 6, no adequado suporte) ou bateria "tijolinho". O consumo geral (apesar da duplicidade de efeitos, em SOM e LUZ...) é moderado, garantindo boa durabilidade para as tais pilhas ou bateria (além do que o

controle por **push-button** previne "esquecimentos" que drenariam a fonte de energia, se inadvertidamente deixado ligado o circuito...). Sem mais detalhes, já que "ler esquemas", no atual estágio do "Curso", já deve ser "brincadeirinha", para todos aí...

- **FIG. 2** - Componentes polarizados ou com terminais codificados, da montagem. Quanto aos transístores, notar que um é PNP (BC558) e outro NPN (BC548), devendo o Leitor/"Aluno" tomar o costumeiro cuidado para não "trocar as bolas" no momento das suas ligações à placa (os dois são iguaizinhos, salvo o código neles inscrito...). Os LEDs (dois, no circuito) também têm terminais identificados e específicos que - assim como os dos transístores - **não podem** ser ligados invertidos (o circuito não funcionaria, então, e o próprio componente poderia sofrer danos "definitivos"...). Finalmente, o capacitor eletrolítico é mostrado, nos seus dois "modelos" mais comuns - com terminais radiais e axiais, eletricamente equivalentes, mas cujas polaridades **devem** ser respeitadas. Enfim: aparências, símbolos e identificação de "pernas" - tudo o que o Leitor/"Aluno" precisa saber... No "trivial" temos ainda os resistores (basta saber "ler" o código de cores...), **push-button** e alto-falante, todos componentes mais do que "manjados"...

- **FIG. 3** - **Lay out**, em tamanho natural, do Circuito Impresso específico para a montagem. Notem que procuramos compactar ao máximo o desenho, de modo a facilitar o "embutimento" do circuito no brinquedo definitivo... O Leitor/"Aluno" que já for "macaco velho" não encontrará dificuldades na cópia e confecção da placa... Já os "calouros" deverão consultar as "Aulas" anteriores onde as técnicas de Circuito Impresso (confecção e montagem) foram devidamente "mastigadas". De qualquer modo, o padrão é tão simples que mesmo quem nunca antes realizou uma plaquinha, conseguirá levar o assunto a bom termo, sem problemas...

- **FIG. 4** - "Chapeado" da montagem, ou seja: a placa de Circuito Impresso agora vista pelo lado não cobreado, com todos os principais componentes já posicionados e codificados. ATENÇÃO à exata localização e posição dos dois transístores (de novo: cuidado para não con-

LISTA DE PEÇAS

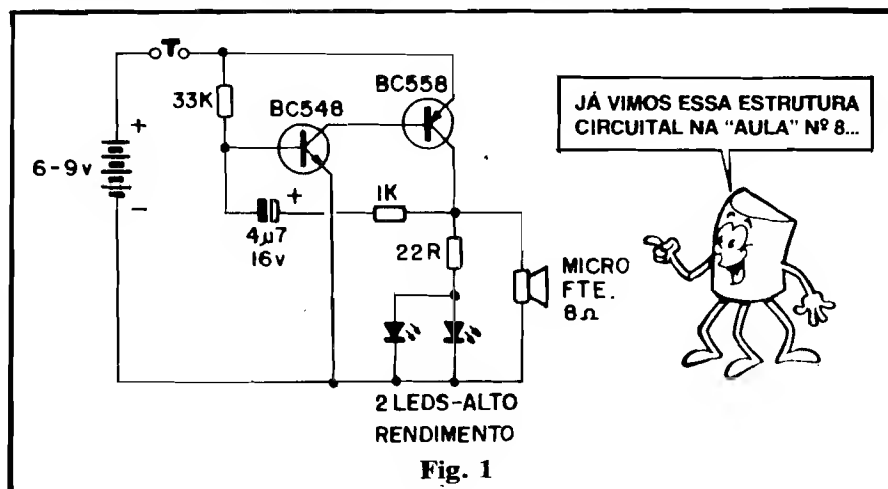
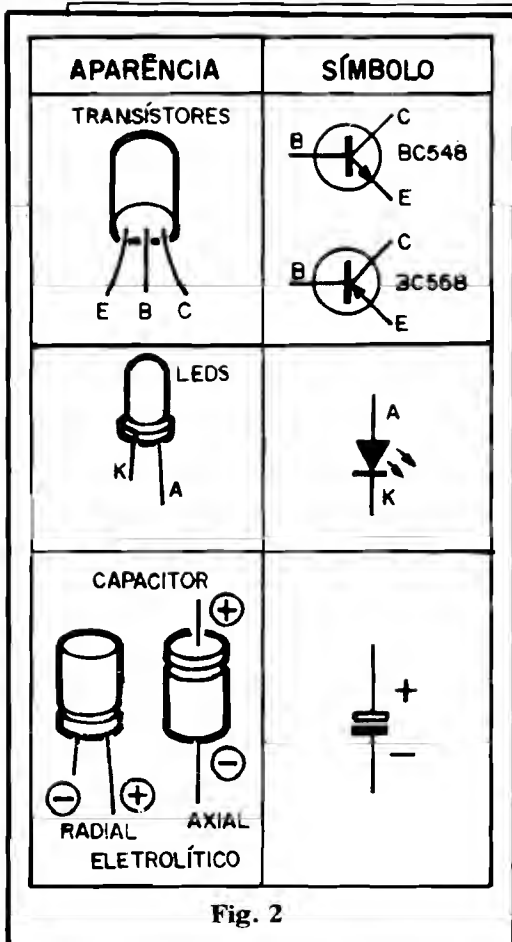
(23ª MONTAGEM PRÁTICA)

- 1 - Transístor BC548 ou equivalente
- 1 - Transístor BC558 ou equivalente
- 2 - LEDs vermelhos, redondos, 5mm, alto rendimento (outras cores, formatos ou tamanhos podem ser utilizados, desde que sejam dois componentes **idênticos** e de alto rendimento luminoso...).
- 1 - Resistor 22R x 1/4W (vermelho-vermelho-preto)
- 1 - Resistor 1K x 1/4W (marrom-preto-vermelho)
- 1 - Resistor 33K x 1/4W (laranja-laranja-laranja)
- 1 - Capacitor eletrolítico de 4u7 x 16V (ou tensão maior, até 60V)
- 1 - Alto-falante mini (2 ou 2 1/2"), impedância 8 ohms
- 1 - **Push-button** (interruptor de pressão) tipo Normalmente Aberto
- 1 - Suporte para 4 ou 6 pilhas pequenas, ou ainda um "clip" para bateriazinha de 9V.
- 1 - Placa de Circuito Impresso específica para a montagem (5,1 x 1,7 cm.)
- - Fio e solda para as ligações.

DIVERSOS/OPCIONAIS

- - Material para confecção da "arma", podendo ser aproveitada a "casca" de um brinquedo "ôco", de baixo custo, que possa ser aberto para o "embutimento" do circuito e complementos.

Fig. 1

Fig. 2

fundir os códigos, colocando o BC548 no lugar do BC558 e vice-versa...), à polaridade do capacitor eletrolítico e aos valores dos resistores com relação às localizações que ocupam na placa... Terminadas as soldagens, conferir tudinho (aproveitando para verificar o próprio "estado" dos pontos de solda...) e só então cortar as sobras das "pernas", pelo lado cobreado...

- **FIG. 5** - Conexões externas à placa (aproveitem para conferir as codificações atribuídas às "ilhas" destinadas a tais conexões, "batendo" as indicações com as da figura anterior...), com esta ainda vista pelo lado **não cobreado** (no diagrama, propositalmente, os componentes pertinentes à própria placa **não são mostrados** (já o foram, na figura anterior...) de modo a "desconfundir" o visual. ATENÇÃO ao correto posicionamento dos terminais dos dois LEDs (notem que estes, embora vistos juntos à placa, **podem** ser ligados "remotamente" através de pares de fios finos...) e à polaridade da alimentação (pilhas ou bateria), sempre lembrando da norma universal de fio **vermelho** para o **positivo** e fio **preto** para o **negativo**. Os comprimentos dos fios às pilhas ou bateria, **push-button** e alto falante, dependerão muito do arranjo final da instalação... Como sempre, recomendamos que a cabagem tenha o comprimento **suficiente**, sem sobras (que tornam a montagem deselegante e dificultam a instalação, naquele "emaranhado" de fios...) nem faltas (que tornam difícil a co-

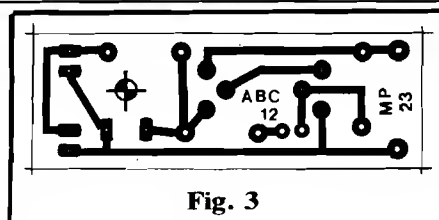



Fig. 3

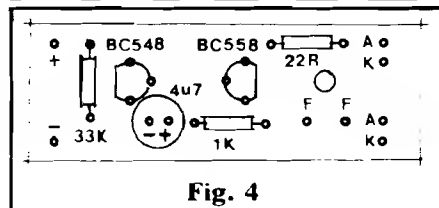



Fig. 4

locação do conjunto no escolhido **container**...).

- **FIG. 6** - A instalação do módulo na "arma"... **Obviamente** que antes da definitiva fixação do conjunto, o circuito deve ser testado... Basta colocar as pilhas ou bateria e apertar o **push-button**. O pequeno alto-falante deverá emitir o nítido (surpreendentemente forte, principalmente se a alimentação escolhida for baseada em 6 pilhas pequenas...) "RÁ..TÁ..TÁ..TÁ..", com os dois LEDs piscando em sincronismo, emitindo lampejos firmes e simultâneos... Quanto ao "embutimento" do circuito, a figura mostra apenas uma sugestão, bastante genérica, de "onde pode ficar o quê"... Quem for habilidoso e tiver gosto por trabalhos manuais, poderá construir "do zero" a "arma",

Fig. 5

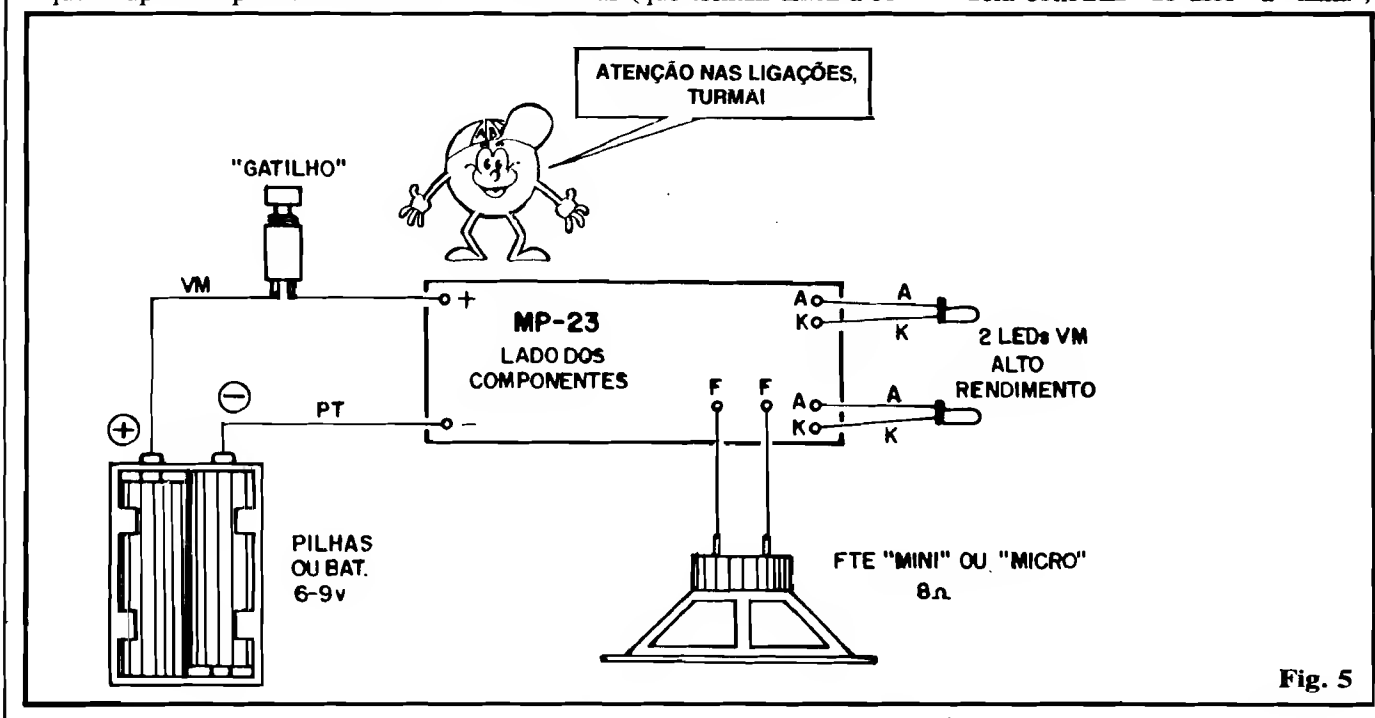
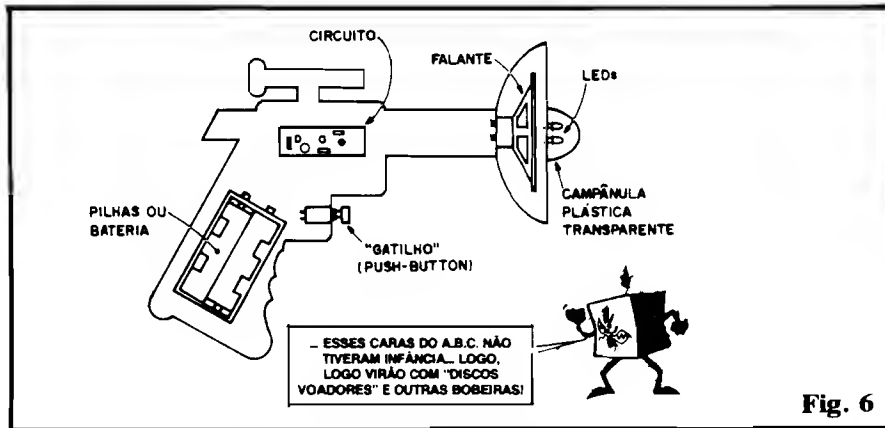
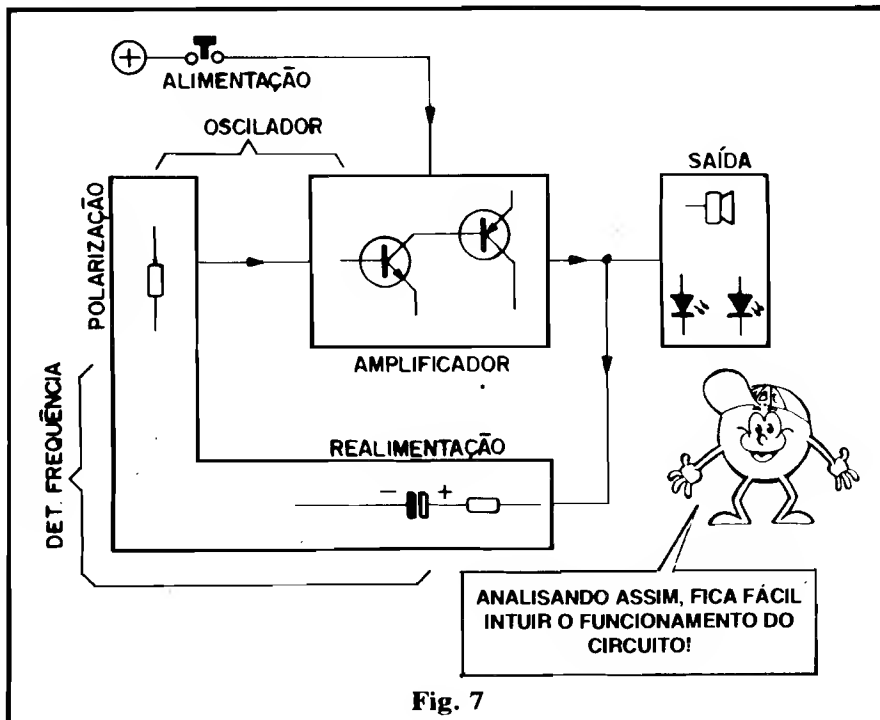
Fig. 6

usando tubos plásticos, funis, caixas, etc., eventualmente aproveitados de embalagens de alimentos, cosméticos, remédios, etc., juntando-os esteticamente, pintando e decorando a "metralha" à gosto... Alguns pontos nos parecem fundamentais: para um bom "balanço" da "arma", as pilhas ou bateria (elemento mais pesado do conjunto) devem ficar dentro do cabo da metralhadora. Os LEDs devem ficar dentro de uma pequena campânula translúcida (para boa difusão dos lampejos luminosos...) na extremidade do cano da "arma"... Quem quiser dar um **lay out** "espacial" ao brinquedo, poderá também incorporar o pequeno alto-falante a um "funil" de plástico ou metal, acoplado à extremidade do cano da "arma" (com um pouco de imaginação e habilidade, a campânula com os LEDs poderá ser sobreposta, frontalmente, ao alto-falante). Finalmente, por óbvias razões ergonômicas, o **push-button** deve ficar na posição correspondente ao gatilho da "arma" (lá onde o dedo indicador do operador naturalmente repousa, ao segurar o brinquedo...). Muitos dos distintos Leitores/"Alunos" já "passaram da idade" (alguns ainda não perceberam...) de brincar com coisas desse tipo, mas muitos, quase todos, têm filhos, irmãos, priminhos e essa corja toda de "pestinhas", que irão simplesmente "babar" pela METRALHADORA ELETRÔNICA... Cuidado! Se deixar "vazar" para a garotada da vizinhança que Você é o "mago" construtor desse fantástico brinquedo, os "diabinhos" farão fila na sua porta, solicitando a imediata construção de uma dúzia de exemplares, para reforçar o "arsenal" da turminha...

Fig. 7

- **FIG. 7** - O circuito, como funciona. Observando com atenção, e raciocinando "em bloco" (levando também em consideração o próprio "esquema" - fig. 1), não será difícil ao Leitor/"Aluno" acompanhar o funcionamento da METRALHADORA... O bloco ativo é o composto pelos dois transístores complementares, diretamente acoplados para funcionar como um "super-amplificador" (é uma espécie de "Darlington" complementar...). Uma rede simples, de realimentação e polarização, formada pelos resistores de 33K e 1K e pelo eletrolítico de 4u7, faz com que o bloco amplificador entre em oscilação de baixa frequência (essa **baixa** frequência deve-se principalmente à **grande** Constante de Tempo oferecida pelo eletrolítico...), assim que energizado. A Saída do amplificador/oscilador, além de realimentar a sua própria Entrada (sem o que - aliás - **não haveria** oscilação...), é aplicada diretamente ao pequeno alto-falante (que traduz os pulsos elétricos presentes no **coletor** do BC558 nos "TÁ...TÁ...TÁ... da metralhadora) e ainda "sobra" energia para alimentar, simultaneamente, o par de LEDs em paralelo (cada "TÁ" no alto falante, um pulso luminoso nos LEDs...). O resistor de 22R em série com o par "paralelado" de LEDs, promove não só uma certa limitação de Corrente, como também evita que a impedância muito baixa dos indicadores luminosos "roube" Potência do alto-falante, "casando" bem a distribuição de energia para os dois tipos de efeito (SOM e LUZ). Em termos gerais, embora os mesmos efeitos pudessem ser obtidos de vários outros arranjos circuitais, o adotado é o mais simples e econômico, já que a impedância naturalmente baixa de um multivibrador desse tipo permite o acoplamento direto dos transdutores de Saída (no caso o alto-falante e os LEDs), com suficiente "aproveitamento"...

●●●●●

PRÁTICA 24

(24ª MONTAGEM PRÁTICA)

DETETOR DE MENTIRAS

- **FIG. 1** - O "esqueminha" do circuito (não poderia ser **mais** simples...). Notem que (e detalhes sobre isso serão visto no finalzinho, sob o título "O CIRCUITO - COMO FUNCIONA"...) embora o centro "visual" - em todos os sentidos - do circuito, pareça estar no medidor (galvanômetro, estudado na presente "Aula"), na verdade o principal componente é o único transístor - BC548 - que realiza os reais trabalhos no arranjo... No fundo, o circuito do DETETOR DE MENTIRAS não passa de um sensibilíssimo ohmímetro, já pré-calibrado para medir **pequenas variações em grandes Resistências**, indicando nitidamente e imediatamente essas variações através do deslocamento proporcional do ponteiro do instrumento! As "pontas de prova", no caso, são substituídas por duas manoplas metálicas (podem ser simples pedaços de cano, em ferro, aço, cobre, etc.) que deverão ser seguras pelo "paciente", uma em cada mão. Liga-se o aparelho e calibra-se (através do potenciômetro...) uma indicação de "zero", para a condição básica de "repouso" (explicaremos mais à frente, a possibilidade de uso de praticamente qualquer pequeno galvanômetro, mesmo V.U.s baratos, ou instrumentos de "zero central"). Em seguida devem ser feitas à pessoa que segura as manoplas, uma série de perguntas, "embutindo" nessa inquirição as questões nas quais pretendemos "flagrar" alguma mentira... Através de um comprovado fenômeno de aumento da sudorese (transpiração), que é um reflexo metabólico do aumento da pressão sanguínea, ocasionado por um incremento na tensão nervosa, derivado - por sua vez - da tentativa da pessoa de "manter o auto-controle" para "não parecer" que está mentindo, dentro de 1 ou 2 segundos (as reações bio-químicas do corpo são um tanto lentas...) o "valor resistivo" que o seu próprio corpo interpunha ao circuito (no mínimo algumas centenas de milhares de ohms, e no máximo alguns megohms...) se alterará levemente (em torno de 5%...). A sensibilidade do circuito, contudo, é **tão alta** que mesmo essa minúscula variação será claramente indicada pelo ponteiro, alcaguetando a mentira! Voltando ao circuito, propriamente, notem que além do galvanômetro e do transístor, temos apenas alguns resistores comuns, sendo um deles variável ou ajustável (o potenciômetro), para que possamos "zerar" ou calibrar convenientemente o sistema... Dois diodos em "anti-paralelo" protegem o galvanômetro e uma bateriazinha 9V servirá perfeitamente para alimentar o circuito por vários meses (o consumo é muito baixo...).

- **FIG. 2** - Principais componentes, em suas aparências, símbolos e identificação de terminais... Notem que a caraterística "não crítica" do circuito, aliada à ampla possibilidade de ajuste, permite inúmeras equivalências, tanto no transístor quanto nos diodos. O BC548 pode ser substituído por BC547, BC549 e muitos outros, classificados como "universais" (ver ARQUIVO TÉCNICO de ABC nº 7). O 1N4148 pode ser trocado por 1N914, 1N4001, etc., também sem problemas... Quanto ao galvanômetro, praticamente qualquer instrumento de bobina móvel, com alcance entre 100uA e 1mA pode ser usado (não se

Fig. 1

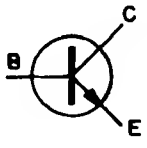
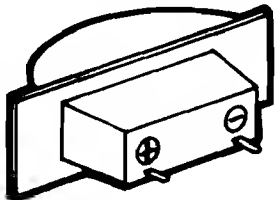



Fig. 2

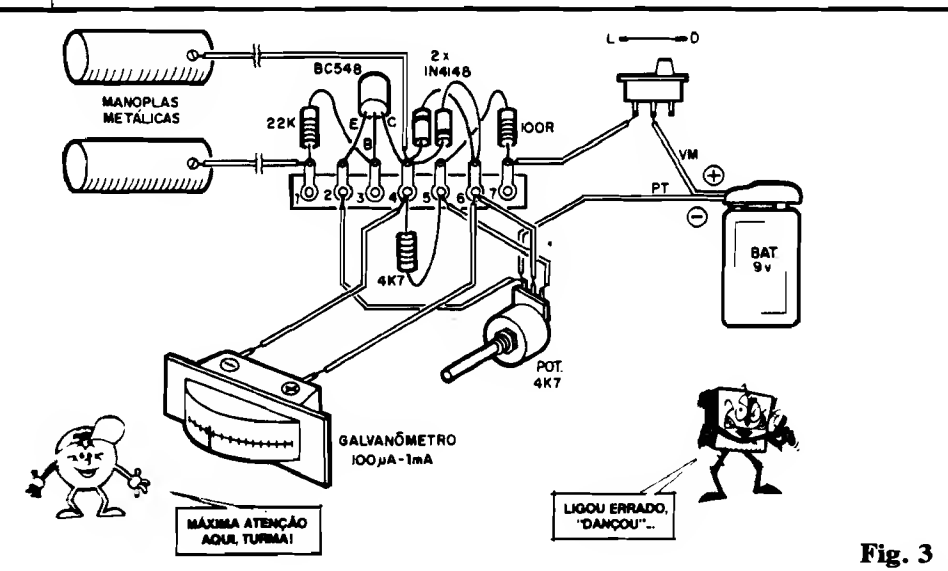
preocupem com o tipo de escala originalmente apresentado pelo instrumento, já que no DETETOR DE MENTIRAS, na realidade, não usaremos o galvanômetro para "medir" Resistências, mas apenas para **comparar**...). Qualquer V.U. barato, microamperímetro ou miliamperímetro, dentro da citada faixa, servirá, mesmo que apresente "zero central" (ponteiro normalmente repousando no **meio** da escala, como acontece em alguns V.U.s de "sintonia", encontráveis a baixo preço nas "sucatas da vida"...). Só não esquecer que os instrumentos de bobina móvel têm terminais **polarizados** (os de "zero central" NÃO, já que - obviamente - podem fazer seu ponteiro defletir "pra lá" ou "pra cá"...). Resistores e potenciômetro apresentam valores comuns, fáceis de encontrar...

- **FIG. 3** - "Chapeado" da montagem. Devido à extrema simplicidade do circuito (pouquíssimos componentes) e à presença do galvanômetro, que obriga a eventual caixa a ter dimensões não muito restritas, optamos pela construção na técnica "ponte de terminais" (que o Leitor/"Aluno" assíduo já praticou intensamente, nas primeiras Montagens do nosso "Curso"...). Notem que embora tal sistema de montagem e interligação seja dos mais elementares, exige alguns cuidados básicos:

- Numerar os terminais da "ponte" (a barra de fibra aceita bem marcação com lápis) ajuda a evitar erros e inversões, facilitando encontrar-se os pontos de ligação (fica simples saber "o que liga onde"...).
- Atenção à identificação e polaridades dos terminais do transístor, diodos e galvanômetro. Cuidado, também, com o correto estabelecimento da polaridade da alimentação (Lembrar: fio **vermelho** para o **positivo** e fio **preto** para o **negativo**).
- **Não permitir** que partes metálicas ou terminais de componentes se toquem, indevidamente! Quando é inevitável que, "mecanicamente", as "perninhas" dos componentes fiquem muito próximas, é bom protegê-las com "espagueti" plástico, prevenindo contatos indevidos ou "curtos"...
- Efetuar soldagens de boa qualidade (sem "sobra" e sem falta de solda...) conferindo **tudo** ao final (valores, posições, polaridades, ausência de "curtos" e estado dos pontos de solda), **antes** de aplicar a alimentação pela primeira vez...

Notar que os comprimentos dos fios, notadamente os que vão às manoplas metálicas, devem ser compatíveis com um mínimo "conforto" para o usuário... A cabagem ao galvanômetro, potenciômetro, interruptor e bateria, também deve ter os suficientes comprimentos para uma fácil instalação na caixa definitiva (sugestão mais adiante...), sem "sobras", porém sem desnecessários "esticamentos"...

Fig. 3

- **FIG. 4** - Sugestão para o "encaixamento" e acabamento externo do DETETOR DE MENTIRAS... Embora mostremos um **container** com painel inclinado (bonito e elegante, podendo ser encontrado nos varejistas...) esse formato/disposição não é obrigatório... O fundamental é uma boa visualização do mostrador do galvanômetro e um acesso fácil ao potenciômetro (**knob**) de ajuste e interruptor geral... Também os cabos que levam às manoplas metálicas devem sair da caixa em posição compatível (de modo a não atrapalhar nem a visualização do galvanômetro nem a eventual manipulação dos controles...). O comprimento dos cabos de teste de-

LISTA DE PEÇAS

(24ª MONTAGEM PRÁTICA)

- 1 - Transístor BC548 ou equivalente
- 2 - Diodos 1N4148 ou equivalentes
- 1 - Galvanômetro (V.U., microamperímetro ou miliamperímetro), de qualquer tipo, tamanho ou formato, com alcance entre 100uA e 1 mA (pode ser até com "zero central"...)
- 1 - Resistor 100R x 1/4W (marrom-preto-marrom)
- 1 - Resistor 4K7 x 1/4W (amarelo-violeta-vermelho)
- 1 - Potenciômetro (linear) de 4K7
- 1 - Resistor 22K x 1/4W (vermelho-vermelho-laranja)
- 1 - Interruptor simples (chave H-H, mini)
- 1 - "Ponte" de terminais, com 7 segmentos (pode ser cortada de uma barra inteira, que costuma apresentar de 12 a 20 segmentos).
- 1 - "Clip" para bateria "tijolinho" de 9V
- \- Fio e solda para as ligações

OPCIONAIS/DIVERSOS

- 2 - Manoplas confeccionadas em metal. Podem ser aproveitados pedaços de cano de ferro (desses usados nas instalações hidráulicas domésticas...), aço, alumínio, cobre, etc. Embora não rígidas, recomendamos que o formato geral das manoplas seja cilíndrico (para facilitar o porte, nas mãos fechadas da pessoa), com diâmetro entre 1,5 e 3,0 cm., e comprimento entre 7,0 e 10,0 cm.
- 1 - Caixa para abrigar a montagem. As dimensões do container dependerão mais do galvanômetro utilizado, devendo também permitir, com "conforto", a inclusão da "ponte" de terminais com a peças, mais o posicionamento frontal (além do mostrador do instrumento) do potenciômetro e interruptor geral. São muitas as caixas plásticas padronizadas, facilmente encontráveis nos varejistas, que servirão para a finalidade.
- 1 - **Knob** para o potenciômetro, "ao gosto do freguês"...

verá situar-se em torno de 50 cm. Notem ainda que, dependendo do metal ou liga das manoplas (alumínio, por exemplo...) pode não ser possível a soldagem dire ta dos cabos... Nesse caso, basta fazer a conexão eletro/mecânica através de pequenos parafusos/arruelas/porcas... A utilização já foi descrita, basicamente, no início da presente matéria, mas vamos agora dar "dicas" mais completas:

Fig. 4

- O "paciente" (pessoa que vai responder às perguntas) deve estar com as mãos limpas e enxutas. Segura uma manopla em cada mão, sem precisar exercer força... Basta **manter** as manoplas nas mãos fechadas. Para conforto e estabilidade, a pessoa poderá ficar com ambos os braços sobre uma mesa (não metálica).
- O operador coloca, inicialmente, o potenciômetro em sua posição central ("meio" ajuste) e liga o DETETOR. Em seguida re-ajusta o potenciômetro, de modo que o ponteiro do galvanômetro estacione exatamente em sua posição "zero" (se for um V.U. do tipo "zero central", obviamente que tal posição será exatamente no **meio** da escala...).
- Nesse momento, deve ser mostrado ao "interrogado" que o objetivo da experiência é manter o ponteiro "lá", no "zero", e que isso só poderá ser obtido se a pessoa estiver relaxada, evitando movimentar as mãos ou variar a pressão que está exercendo sobre as manoplas.
- Em seguida, é só fazer as perguntas, entremeando questões banais ("- Qual é a cor que Você mais gosta...?", "Qual é o time de futebol para o qual Você torce..?", essas coisas) com inquisições mais capciosas, nas quais se pretenda "pegar em mentira" o pobre coitado ("- É verdade que Você lambeu a língua da Mariazinha, quando lhe fazia respiração boca-a-boca, naquele salvamento...?", "- Foi Você que botou goma arábica no desodorante da mamãe, deixando a "velha" com os sovacos embalsamados...?", e assim por diante...).

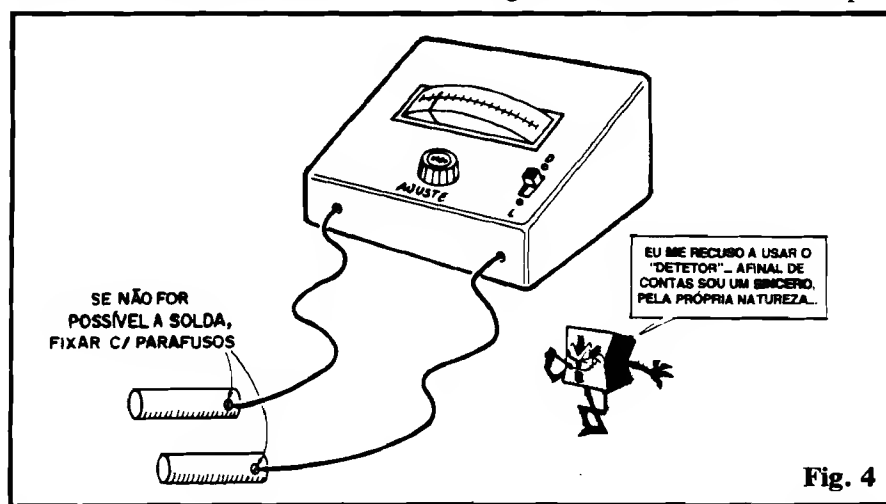
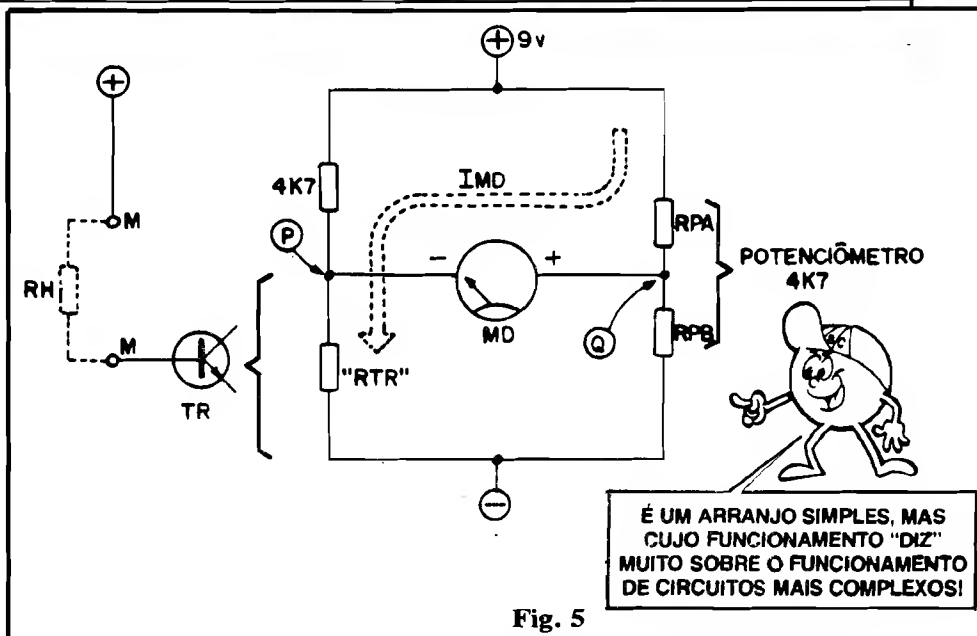
Lembrar sempre que, embora a reação eletro/eletrônica **do circuito** seja extremamente rápida, **não o é** a do corpo do "paciente", em função de uma eventual mentira...! Leva, sempre, aproximadamente 2 segundos para que se manifestem as alterações "medíveis" ou "indicáveis"... Assim, é conveniente intervalar as questões, sempre observando o galvanômetro na busca de

qualquer pequena movimentação do ponteiro, e "dando tempo", entre o fim de uma resposta e o início da pergunta seguinte, para que possa ser claramente notada uma "falseta"! É óbvio que as indicações do DETETOR não terão "valor de tribunal", principalmente porque **existem** pessoas **tão** auto-controladas, ou que "acreditam" tanto nas próprias mentiras, que podem até "enganar" o dispositivo! Por outro lado, pessoas extremamente nervosas e instáveis, podem ser **tão** inseguras que não "acreditem" sequer nas próprias verdades, o que "enganará" o DETETOR em sentido inverso (o instrumento indicará "mentira", mas o coitado estará dizendo... a verdade!). Na média do comportamento psicológico/biológico, contudo, a maioria das pessoas é - realmente - "traída" pelo aparelho, principalmente quando as perguntas/respostas envolverem questões amorosas ou emocionais em geral (**Quem** "consegue segurar" a taquicardia quando entra na sala "aquela" garota - ou garoto - pela(o) qual nutre uma desenfreada e secreta paixão...?). Por todos os motivos e razões, o DETETOR DE MENTIRAS conseguirá animar qualquer reunião de amigos, festinhas e essas coisas!

Fig. 5

- **FIG. 5** - O circuito, como funciona. Analisando com atenção o diagrama, mais o "esquema" (fig. 1), é fácil perceber o funcionamento geral do arranjo: o medidor (galvanômetro) está colocado no meio de uma "ponte" ou "gangorra" de resistores, sendo que um "lado" dessa "ponte" é formado pelos dois "segmentos resistivos" do potenciômetro, com os valores momentâneos de RPA e RPB dependentes do ajuste dado ao dito potenciômetro. No outro "lado da ponte" temos o resistor de 4K7 e um... "resistor sensível à Resistência"! Isso mesmo! O transístor, em seu "percurso" **coletor/emissor** pode ser eletricamente interpretado como um mero resistor, cujo valor momentâneo dependerá da Corrente aplicada à sua **base**... Como tal Corrente depende diretamente da "Resistência Humana" (RH), interposta pelo corpo do "paciente" (ele está segurando as manoplas, lembram-se...?), fica claro que uma variação no valor de RH (que depende, como explicamos, dos fatores emocionais, nervosos e psicológicos "sobre o paciente"...) determinará uma variação amplificada no valor de "RTR"... Agora vamos supor que "RTR", em determinado instante e situação, assuma valor de 4K7. Nesse caso, a Tensão no ponto "P" será a metade da alimentação geral, 4,5V, portanto... Ajustando-se o potenciômetro para seu "exato meio", teremos também no ponto "Q" os mesmo 4,5V, correspondentes à metade dos 9V que energizam o circuito. Entre dois potenciais (Tensões) idênticos, **não é possível** a circulação de Corrente (feito duas caixas d'água apresentando o **mesmo** nível de líquido, interligadas por um cano, através do qual **não há** fluxo (já vimos essa analogia em "Aula" anterior...). Quando, porém, a "Resistência Humana" RH "cai", ainda que só um "tiquinho", o valor ôhmico de "RTR" (Resistência **coletor/emissor** do transístor) também "cai", e em maior proporção, devido ao fator de amplificação do componente! Com isso, a Tensão no ponto "P" "desce" a nível substancialmente inferior aos 4,5V, determinando a circulação de Corrente através do medidor (IMD), com este, logicamente, indicando o fluxo através do deslocamento do seu ponteiro! Dois pontos são fundamentais: um é o "poder amplificador" do transístor, através do qual mesmo uma muito pequena alteração no valor de "RH" se manifesta como substancial variação no valor de "RTR", e o outro é a possibilidade ampla de "compensar" a Tensão momentânea no ponto "P" via conveniente ajuste do potenciômetro, que permite a "equalização" da Tensão correspondente, no ponto "Q"...! Retornando um pouco ao "esquema" (fig. 1) observem que os diodos, "pra lá" e "pra cá", paralelados com o galvanômetro, simplesmente não permitem a ocorrência acidental de sobretensões entre os terminais do medidor, protegendo-o efetivamente. E tem mais: aquele resistor de 100R, alinhado com o ramal **positivo** da alimentação, estabelece uma pré-limitação de Corrente de modo que, se acidentalmente o cursor do potenciômetro for levado "todo para cima", e mesmo estando "em curto" as manoplas, naquele instante, não se desenvolverá Corrente excessiva sobre o diodo 1N4148 "de baixo" e percurso **coletor/emissor** do BC548, numa importante proteção a esses dois componentes...